

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-012484

(43)Date of publication of application : 14.01.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/268

H01L 21/20

H01S 3/00

(21)Application number : 10-178918

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 25.06.1998

(72)Inventor : FUJIKAWA SHUICHI

FURUTA KEISUKE

MORITA YOKO

KONNO SUSUMU

KOJIMA TETSUO

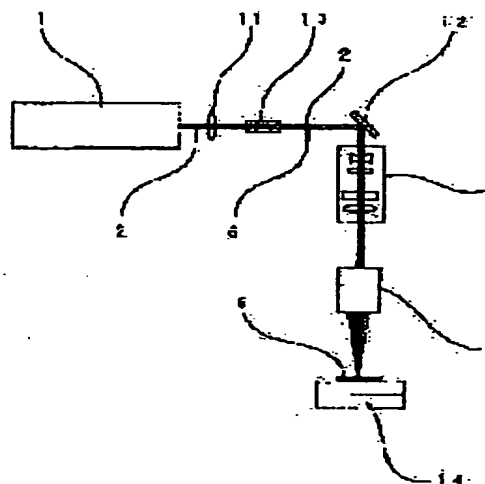
YOSHIZAWA KENJI

(54) LASER ANNEALING SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser annealing system in which annealing is performed with excellent quality through a simple arrangement.

SOLUTION: The laser annealing system comprises a pulse laser light source 1 generating first pulse laser light 2 having wavelength in visible region, and second pulse laser light generating means, i.e., a nonlinear optical element 10, for converting the waveform of a part of the first pulse laser light 2 and delivering a second pulse laser light 6, while is a second harmonic having wavelength in the ultraviolet region, while superposing on the first pulse laser light 2 coaxially therewith wherein an article 9 is irradiated with the first and second superposed pulse laser lights 2, 6. The article 9 is irradiated such that the irradiating region of the first pulse laser light covers the irradiating region of the second pulse laser light.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the

examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

NOTICES *

PO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

**** shows the word which can not be translated.

In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

Detailed Description of the Invention]

0001]

Field of the Invention] This invention relates to the laser annealer used for the conductive improvement by the formation of melting polycrystal of an amorphous silicon, and recrystallization of the ITO (Indium Tin Oxide) film etc.

0002]

Description of the Prior Art] As an example of the conventional laser annealer, the laser annealer shown in JP,56-29323,A is known. Drawing 10 is the block diagram showing the configuration of the conventional laser annealer shown in JP,56-29323,A. In drawing, the pulse laser light source 1 which is Q switch solid state laser generates the 1st pulse laser light 2 which is the fundamental-wave light pulse-ized by the Q switch. A beam splitter for 3 to branch the optical path of the 1st pulse laser light 2 to a 2-way, The delay optical system which extends one optical path among the 1st pulse laser light 2 to which 4 branched to the 2-way by the beam splitter 3, The optical frequency multiplier with which 5 carries out multiplying of the optical frequency of the 1st pulse laser light 2, and 6 are 2nd pulse laser light which is the higher-harmonic light which carried out multiplying of the optical frequency of another [which branched by the beam splitter 3] 1st pulse laser light 2 with the optical frequency multiplier 5. As for the dichroic beam splitter which 7 penetrates the 1st pulse laser light 2 which is the fundamental-wave light of 45-degree incidence, and reflects the 2nd pulse laser light 6 which is the higher-harmonic-wave light of 45-degree incidence, and 8, convergent radiotherapy optical system and 9 are irradiated samples.

[0003] Next, actuation is explained. The pulse laser light source 1 generates the 1st pulse laser light 2 which is the fundamental-wave light pulse-ized by the Q switch. The 1st pulse laser light 2 which carried out outgoing radiation of pulse laser light source 1 branches to a 2-way by the beam splitter 3. Incidence of the 1st pulse laser light 2 which penetrates a beam splitter 3 is carried out to the delay optical system 4, it carries out outgoing radiation from the delay optical system 4 with a fixed time lag, and reaches the dichroic beam splitter 7. On the other hand, incidence of the 1st pulse laser light 2 reflected in the direction of a right angle is carried out to the optical frequency multiplier 5, a part of pulse laser light 2 is changed into the 2nd pulse laser light 6 to which multiplying of the optical frequency was carried by the beam splitter 3, and it reaches the dichroic beam splitter 7 by it. Since the dichroic beam splitter 7 is formed so it may reflect to the 2nd pulse laser light 6 which is the higher-harmonic light of transparency and 45-degree incidence, the 1st pulse laser light 2 of 45-degree incidence, The optical path of the 2nd pulse laser light 6 to which multiplying of the optical frequency was carried out by the 1st optical path and optical frequency multiplier of the pulse laser light 2 delayed according to the delay optical system 4 is compounded, and incidence of both the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 is carried out to the convergent radiotherapy optical system 8. According to the convergent radiotherapy optical system 8, both the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 are adjusted so that a condensing pattern may have consistency to the exposure field of the irradiated sample 9, and they irradiate the irradiated sample 9. In addition, the time lag brought to the 1st pulse laser light 2 according to the delay optical system 4 is set up so that it may become more than the time amount width of face for two pulses of the 1st pulse laser light 2 which is fundamental-wave light at least.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The conventional laser annealer was constituted as mentioned above, and if it had the optical path from which fundamental-wave light and higher-harmonic light differ, the technical problem that there were many equipment configuration elements, such as an optic, and equipment cost became expensive occurred. Moreover, since there are not only many equipment configuration elements, but need to compound the optical path which once branched again correctly, they are that optical-path adjustment is complicated and technical-problem ***** [it is difficult and] that maintenance nature is low.

0005] Moreover, it not only becomes the cause of cost increase, but [since delay optical system is separately established or timing adjustment with a fundamental wave and higher-harmonic light,] since it was necessary to adjust the timing of fundamental-wave light and higher-harmonic light actively, the adjustment element of equipment increased and the technical problem that it became the cause of a maintenance nature fall occurred.

0006] Moreover, the technical problem that there were very many optical elements which will be passed by the time of fundamental-wave light which carried out outgoing radiation of the Q switch solid state laser results to an irradiated sample by branching of an optical path or installation of delay optical system, and the use effectiveness of a laser beam is reduced by the optical loss in each optical element occurred.

0007] Moreover, since the fundamental-wave light which was not changed into higher-harmonic-wave light in the optical frequency multiplier penetrated without a right angle bending in the direction of the irradiated sample 9 in the dichroic beam splitter 7, it occurred [the technical problem that it became the cause of laser beam use degradation].

0008] Moreover, since the fundamental-wave light of Q switch solid state laser usually had wavelength in an infrared region, when annealing using silicon as an irradiated sample was performed, the fundamental-wave absorption-of-light multiplier was very low, without having most thermal effects to an irradiated sample, the irradiated sample was reflected on transparency or an irradiated sample front face, and the technical problem that it was difficult to perform effective annealing occurred.

0009] This invention was made in order to solve such a technical problem, and it aims at obtaining the laser annealer which can perform annealing which was excellent in quality with an easy configuration.

0010]

[Means for Solving the Problem] A 1st pulse laser light generating means by which the laser annealer concerning this invention generates the 1st pulse laser light which has wavelength in a visible region, Incidence of the 1st pulse laser light is carried out, and it carries out wavelength conversion of a part of 1st pulse laser light. It has the 2nd pulse laser light generating means which an ultraviolet area is made to superimpose the 2nd pulse laser light which has wavelength on the 1st pulse laser light and the same axle, and carries out outgoing radiation to it, and enables it to irradiate the 1st pulse laser light and the 2nd pulse laser light on which it was superimposed at an irradiated object.

0011] As for the laser annealer concerning this invention, the 2nd pulse laser light generating means is characterized by generating 2 double higher harmonic of the 1st pulse laser light.

0012] The laser annealer concerning this invention is characterized by the 1st pulse laser light generating means being the solid state laser which generates the 2nd higher harmonic as 1st pulse laser light, using a solid-state component as an active medium.

0013] The laser annealer concerning this invention is characterized by being the solid state laser which the 1st pulse laser light generating means equipped with a resonator internal wave length conversion means to generate the 2nd higher harmonic as 1st pulse laser light.

0014] The laser annealer concerning this invention is characterized by the 1st pulse laser light generating means being the solid state laser pulse-ized by the Q switch which generates the 2nd higher harmonic wave as 1st pulse laser light.

0015] The laser annealer concerning this invention condenses the 1st pulse laser light and the 2nd pulse laser light on which it was superimposed, and is made to irradiate an irradiated object, its exposure field of the 1st pulse laser light is larger than the exposure field of the 2nd pulse laser light, and the exposure field of the 2nd pulse laser light is characterized by having a condensing means to make it located in the exposure field of the 1st pulse laser light.

0016]

[Embodiment of the Invention] gestalt 1. of operation -- the block diagram showing the configuration of the laser annealer which is the gestalt of implementation of this invention is shown in drawing 1. In drawing 1, the same sign as drawing 10 shows the same part or the considerable part among drawing. In drawing 1, the pulse laser light source 1 is 1st pulse laser luminescence means which generates the 1st pulse laser light 2 which has the wavelength of a visible region. In the optical path of the 1st pulse laser light 2, the nonlinear optical element 10 which is the 2nd pulse laser light generating means which carries out wavelength conversion of a part of 1st pulse laser light, is made to superimpose the 2nd pulse laser light which has wavelength in an ultraviolet area on the 1st pulse laser light and the same axle, and carries out outgoing radiation is established. Between the pulse laser light source 1 and a nonlinear optical element 10, the 1st pulse laser light 2 is condensed, the optical reinforcement of the 1st pulse laser light 2 at the time of the incidence of a nonlinear optical element 10 is raised, and the condenser lens 11 for aiming at improvement in the wavelength conversion efficiency to ultraviolet radiation is formed in it. Between a nonlinear optical element 10 and the irradiated sample 9 which is an irradiated object The beam diameter and beam divergence angle of the bend mirror 12 which bends the travelling direction of the 1st pulse laser light 2 which carried out outgoing radiation from the nonlinear optical element 10, and the 2nd pulse laser light 6 at a right angle, the 1st pulse laser light 2, and the 2nd pulse laser light 6 The beam adjustment

optical system 13 for adjusting and the 1st pulse laser light 2, and the 2nd pulse laser light 6 are condensed. It can adjust so that the condensing pattern may have consistency to the exposure field of the irradiated sample 9, and the converger radiotherapy optical system 8 which is the condensing means which can irradiate the irradiated sample 9 is formed in the material toward the travelling direction of the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6. The irradiated sample is installed on a stage 14, and can be moved now to the upper and lower sides and right and left by the stage 14.

0017] Using an Ar ion laser with an oscillation wavelength [in a visible region] of 515nm, the pulse laser light source of the gestalt of implementation of this invention is pulse-ized with a Q switch, and is generating the 1st pulse laser light 2. In case the beta-BBO (beta-BaB 2O₄, beta barium borate) crystal is being used for a nonlinear optical element 10, incidence of the 1st pulse laser light 2 which is light with a wavelength of 515nm is carried out and the 2nd pulse laser light 6 which is 2 double higher harmonic of the 1st pulse laser light 2 is generated, the front face of a beta-BBO crystal is cut so that phase matching conditions may be fulfilled. Therefore, the 2nd pulse laser light 6 turns into ultraviolet radiation with a wavelength of 258nm. Moreover, although not shown in drawing, the adjustment device according to temperature and an installation include angle is prepared in the nonlinear optical element 10. The irradiated sample 9 is the amorphous silicon film, by irradiating a laser beam, carries out melting recrystallization and forms the polish reconstructed film.

0018] Next, actuation is explained. It is condensed with a condenser lens 11 and incidence of the 1st pulse laser light 2 which carried out outgoing radiation of the PAL friction mark 1 the light source 1 is carried out to a nonlinear optical element 10. Since the nonlinear optical element 10 is omitted so that phase matching conditions may be fulfilled at the time of 2 double harmonic generation as mentioned above, wavelength conversion is carried out to 2 double higher harmonic, and a part of 1st pulse laser light 2 which carried out incidence to the nonlinear optical element 10 turns into the 2nd pulse laser light which has wavelength in an ultraviolet area. Since the 2nd pulse laser light is generated in accordance with the optical path of the 1st pulse laser light 2, if a gap of the travelling direction by walk-off is disregarded, it can be considered that the 2nd pulse laser light 6 is what is generated on the same axle of the 1st pulse laser light 2.

0019] The 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 which carried out outgoing radiation of the nonlinear optical element 10 are bent by the right angle by the same bend mirror 12, and carry out incidence to the beam adjustment optical system 13. The beam adjustment optical system 13 reduces a beam divergence angle while it consists of two or more cylinder convex lenses and cylinder concave lenses and expands the beam diameter of the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6.

0020] The 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 which carried out incidence to the convergent radiotherapy optical system 8 are condensed by the line. Here, since wavelength differs, the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 produce chromatic aberration, and condensing points differ. In the gestalt of this operation, the height of the irradiated sample 9 is adjusted by the stage 14 so that the condensing point of the 2nd pulse laser light 6 which has wavelength in an ultraviolet area may be located on the irradiated sample 9. Therefore, the 1st pulse laser light 2 is in the condition which is not condensed enough, and the 2nd pulse laser light 6 irradiates the irradiated sample 9 in the condition of having been condensed.

0021] Drawing 2 thru/or drawing 4 are graphs which show time amount change of the optical reinforcement of the 1st pulse laser light of the laser annealer concerning the gestalt of implementation of this invention, or the 2nd pulse laser light. In drawing, the unit of the axis of ordinate which shows optical reinforcement uses the unit (arbitrary unit) of arbitration. Drawing 2 shows time amount change of the optical reinforcement of the 1st pulse laser light 2 before carrying out incidence to a nonlinear optical element 10, drawing 3 shows time amount change of the optical reinforcement of the 1st pulse laser light 2 after carrying out incidence to a nonlinear optical element 10, and drawing 4 shows time amount change of the optical reinforcement of the 2nd pulse laser light 6 generated in the nonlinear optical element 10. In the gestalt of this operation, since laser is pulse-ized using a Q switch, the optical reinforcement of the 1st pulse laser light 2 in front of nonlinear optical element 10 incidence starts quickly, and shows the wave which decreases gently-sloping after maximum light attainment on the strength. Therefore, the time amount location at the time of maximum light attainment on the strength is located in the first half of a pulse period wave in which time amount change of the optical reinforcement of the 1st pulse laser light 2 is shown.

0022] The 2nd pulse laser light 6 is 2 double higher harmonic of the 1st pulse laser light 2, and the wavelength conversion efficiency to 2 double higher harmonic at the time of generating this 2 double higher harmonic is proportional to the square of the optical reinforcement of the wavelength-ed conversion light (here 1st pulse laser light 2) which carries out incidence to a nonlinear optical element 10 theoretically. Therefore, in drawing 2, in the 1st pulse laser light 2 which carries out incidence to a nonlinear optical element 10, the light near the maximum light reinforcement has the high rate changed into 2 double higher harmonic compared with other fields, and the rate that the light of the field where optical

reinforcement is low is changed into 2 double higher harmonic becomes low. Consequently, the time amount wave of 1st pulse laser light 2 after nonlinear optical element 10 outgoing radiation becomes remarkable [the optical strength reduction near the maximum light reinforcement] compared with the time amount wave before nonlinear optical element 10 incidence, and appearance top full width at half maximum becomes long. In the gestalt of this operation, the full width at half maximum of the 1st pulse laser light 2 is before and after nonlinear optical element 10 passage, and becomes low with about (R> drawing 2 2 reference) 70 to about (refer to drawing 3) 120ns.

[0023] Since the optical reinforcement of the 2nd pulse laser light 6 which is 2 double higher harmonic of the 1st pulse laser light 2 is proportional to the square of the optical reinforcement of the 1st pulse laser light 2 as mentioned above, time amount wave of the optical reinforcement of the 2nd pulse laser light 6 turns into a wave as which the height of the optical reinforcement of the 1st pulse laser light 2 in front of nonlinear optical element 10 incidence was emphasized, shown in drawing 4 . Consequently, the pulse period width of face of the 2nd pulse laser light 6 is short compared with the pulse period width of face of the 1st pulse laser light 2. Moreover, since the maximum light reinforcement of the 2nd pulse laser light 6 is equivalent to the maximum light reinforcement of the 1st pulse laser light 2, the 2nd pulse laser light 6 is located in time in the first half of the 1st pulse laser light 2. In the gestalt of this operation, the full width at half maximum of the 2nd pulse laser light 6 is about (refer to drawing 4) 20ns to the full width at half maximum of the 1st pulse laser light in front of nonlinear optical element 10 incidence being about (referring to drawing 2) 70ns.

[0024] In the gestalt of this operation, about 10% of the 1st pulse laser light 2 is changed into the 2nd pulse laser light 6. The focal distance and installation location of a condenser lens 11 can adjust the conversion rate from the pulse laser light 2 to the 1st pulse laser light [2nd] 6. That is, since the incidence reinforcement of the 1st [to a nonlinear optical element 10] pulse laser light 2 changes by changing the focal distance and installation location of a condenser lens 11, the conversion rate from the pulse laser light 2 to the 1st pulse laser light [2nd] 6 is adjusted.

[0025] The beam pattern which is the exposure field of the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 on the irradiated sample 9 of the laser annealer concerning the gestalt of implementation of this invention is shown in drawing 5 . In drawing, among drawing, the exposure field (beam pattern) 35 of the pulse laser light of **** 1 is larger than the exposure field (beam pattern) 36 of the 2nd pulse laser light 6, and the exposure field 36 of the 2nd pulse laser light is condensed so that it may be located in the exposure field 35 of the 1st pulse laser light 2.

[0026] The 2nd pulse laser light 6 is 2 double higher harmonic of the 1st pulse laser light 2, and since wavelength differs from the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 can obtain easily the exposure field (beam pattern) of the 1st pulse laser light 2 shown by drawing 5 , and the 2nd pulse laser light 6. That is, since the usual optical material has the distribution from which a refractive index differs with wavelength, if the convergent radiotherapy optical system 8 is constituted using a single optical material, the chromatic aberration from which a condensing location differs with wavelength will occur. For this reason, if the irradiated sample 9 is installed in the condensing location of the 2nd pulse laser light 6, the irradiated sample 9 will shift from the condensing location of the 1st pulse laser light 2 inevitably, and the exposure field of the 1st pulse laser light 6 on the irradiated sample 9 will become the blurred thing. Consequently, drawing 5 shows, the exposure field 36 of the 2nd pulse laser light 6 is lapped and formed in the exposure field 35 inside of the 1st pulse laser light 2.

[0027] Drawing 6 thru/or 8 are graphs which show the result of having calculated time amount change of the temperature of the same amorphous silicon film which is the irradiated sample which irradiated the 1st pulse laser light 2 of a laser annealer or the 2nd pulse laser light 6 concerning the gestalt of implementation of this invention. Drawing 6 shows time amount change of the temperature of the irradiated sample 9 at the time of irradiating only the 1st pulse laser light 2 after nonlinear optical element 10 passage at the irradiated sample 9. Drawing 7 shows time amount change of the temperature of the irradiated sample 9 at the time of irradiating only the 2nd pulse laser light 6 at the irradiated sample 9, and drawing 8 superimposes the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6, and shows time amount change of the temperature of the irradiated sample 9 at the time of irradiating the irradiated sample 9. Since the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 result from a nonlinear optical element 10 to the irradiated sample 9 through both the same optical paths in the gestalt of this operation, The timing of the 1st pulse laser light 2 at the time of the 2nd pulse laser light 6 generating [in / in the timing of the 1st pulse laser light 2 at the time of superimposing both and irradiating the irradiated sample 9 and the 2nd pulse laser light 6 / a nonlinear optical element 10] and the 2nd pulse laser light is maintained. Therefore, as drawing 3 and drawing 4 showed, the 2nd pulse laser light 6 of about 20ns of full width at half maximum is located in time in the first half of the 1st pulse laser light 2 of about 120ns of full width at half maximum.

[0028] The 2nd pulse laser light of an absorption coefficient [as opposed to amorphous silicon in about / $1.0 \times 10^6 \text{cm}^{-1}$] is [the absorption coefficient of the amorphous silicon whose absorption coefficient of the amorphous silicon which is the irradiated sample 9 in the wavelength of 515nm of the 1st pulse laser light 2 is the irradiated sample 9 in the wavelength of 258nm of about / $1.0 \times 10^5 \text{cm}^{-1}$ and the 2nd pulse laser light 6] larger a single figure. Here, the depth

penetration of the light to the matter becomes so shallow that the absorption coefficient of the matter becomes large. For this reason, compared with the great portion of 2nd pulse laser light 6 being absorbed by the amorphous silicon film which is the irradiated sample 9, there are few rates that the 1st pulse laser light 2 is absorbed in the amorphous silicon film.

0029] As shown in drawing 6, the temperature of the irradiated sample 9 at the time of irradiating only the 1st pulse laser light 2 As shown in drawing 7, when only the 2nd pulse laser light 6 is irradiated to having changed to reduction, with temperature's rising comparatively gently with exposure initiation, and reaching the melting point Temperature rose quickly from immediately after exposure initiation, and it resulted in the melting point of the irradiated sample 9, and for about 30 - 40ns, after maintaining the constant temperature near the melting point, it has changed to decreasing. Since the 2nd pulse laser light 6 has the large absorption coefficient to an amorphous silicon, when the 2nd pulse laser light 6 is irradiated at the irradiated sample 9, most amorphous silicons in the exposure field 36 of the 2nd pulse laser light 6 transfer it to the liquid phase. When only the 2nd pulse laser light 6 is irradiated, it is based on the latent heat of an amorphous silicon that constant temperature is maintained near the melting point. Moreover, as shown in drawing 8, when the 1st pulse laser light 2 and 2nd laser beam 6 are superimposed and are irradiated, the constant-temperature persistence time near the melting point increases sharply compared with the case where only the 2nd pulse laser light 6 is irradiated, and the temperature near the melting point is maintained for about 150ns. This is because dissipation of the heat produced in absorption of the 2nd pulse laser light 6 was compensated effectively, when the irradiated sample 9 absorbs the 1st pulse laser light 2 with long pulse period width of face.

0030] The fused amorphous silicon film starts coagulation with dissipation of heat. Under the present circumstances, a crystal grows up the silicon which remained without fusing completely by laser beam exposure to be a nucleus. For this reason, the amorphous silicon film fused by laser beam exposure changes to the polish recon film with which granular silicon single crystals gathered. The polish recon film has large electron mobility compared with the amorphous silicon film, and the transistor formed by polish recon has a remarkably quick working speed compared with what was formed with the amorphous silicon. The probability for the trap of the electron to be carried out in a grain boundary becomes low and electron mobility becomes high, so that the particle size of silicon crystal grain becomes large. Therefore, in order to form the polish recon film which has high electron mobility, it is necessary to grow up the silicon crystal grain of the diameter of a large drop in the case of the melting recrystallization by laser beam exposure.

0031] It grows within a temperature fixed period [/ near the melting point] until the amorphous silicon film reaches the melting point and the whole silicone film solidifies silicon crystal grain by dissipation of heat. Therefore, if a temperature fixed period becomes short, crystal grain cannot fully grow but the particle size of the crystal grain in polish recon will become small. For this reason, it becomes an important technical problem for forming the polish recon film of high electron mobility how a temperature fixed term question [/ near the melting point] is kept long.

0032] On the other hand, when superfluous energy is supplied to the amorphous silicon film which is the irradiated sample 9, the temperature of the irradiated sample 9 exceeds the melting point greatly, and an amorphous silicon is fused completely. In this case, in order that the nucleus at the time of recrystallization may not remain, crystal grain is generated too much. Consequently, crystal grain cannot become small and the polish recon film which has high electron mobility cannot be obtained.

0033] When an absorption coefficient irradiates the 2nd pulse laser light 6 which has wavelength in an ultraviolet area greatly to the irradiated sample 9 according to the gestalt of this operation The amorphous silicon which is the irradiated sample 9 is heated to the melting point at a stretch. Since the absorption coefficient to the irradiated sample 9 superimposes the 1st pulse laser light which has wavelength in the small visible region where pulse period width of face is long on the 2nd pulse laser light 6 and irradiates it to an irradiated sample compared with the 2nd pulse laser light 6 Dissipation of the heat generated in the irradiated sample 9 by the 2nd pulse laser light 6 can be compensated with the heat generated in the irradiated sample 9 by the 1st pulse laser light 2, and a temperature fixed period near the melting point can be extended effectively. Consequently, the diameter of crystal grain can form the polish recon film which has the high electron mobility more than 200cm/V by 1 micrometers or more.

0034] Moreover, when the 1st pulse laser light 2 which has wavelength in a visible region, and the 2nd pulse laser light 6 which has wavelength in an ultraviolet area are superimposed, the irradiated sample 9 is irradiated and it aims at extending of a temperature fixed period near the melting point, the die length of a temperature fixed period changes with the exposure timing of the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 a lot. Therefore, when the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 are generated using the light source which became independent, respectively, it is difficult to form in stability the polish recon film which always has a fixed property by the jitter at the time of both light source actuation etc.

0035] However, since according to the gestalt of this operation wavelength conversion is performed using a nonlinear

optical element 10, ultraviolet radiation is generated to the 1st pulse laser light 2 which has wavelength in a visible region and it is used as 2nd pulse laser light 6, the generating timing of the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 can always be kept constant. Moreover, since it generates on the 1st pulse laser light 2 and the same axle in a nonlinear optical element 10 and the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 are transmitted from the nonlinear optical element 10 to the irradiated sample 9 through the same optical path, the 2nd pulse laser light 6 can always keep constant exposure timing of the 1st pulse laser light 2 on the irradiated sample 9, and the 2nd pulse laser light 6, without establishing an adjustment device separately.

0036] Moreover, in the gestalt of this operation, 2 double harmonic generation is used as a wavelength conversion means to generate the 2nd pulse laser light 2. Since one kind is sufficient, the optical path of wavelength-ed conversion light and adjustment of a beam diameter are easy, and, as for the wavelength-ed conversion light to which incidence of this 2 double harmonic generation is carried out to a nonlinear optical element 10 compared with the wavelength conversion means to other short wavelength, such as sum cycle mixing, can simplify the configuration itself.

0037] Moreover, since it generates on the 1st pulse laser light 2 and the same axle in a nonlinear optical element 10 and the 2nd pulse laser light 6 is transmitted through the same optical path from the nonlinear optical element 10 to the irradiated sample 9, an optical-path configuration not only becomes simple, but optical-axis doubling of the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 etc. becomes unnecessary, and optical-path adjustment becomes very easy.

0038] Moreover, since it is adjusted in the gestalt of this operation so that the exposure field 36 of the 2nd pulse laser light 6 may be located in the exposure field 35 of the 1st pulse laser light 2 on the irradiated sample 9 as drawing 5 showed, The exposure field 36 whole of the 2nd pulse laser light 6 is covered, and dissipation of heat is effectively compensated by the 1st pulse laser light 2, and can form the polish recon film with it in the exposure field 36 whole of the 2nd pulse laser light 2 by it. [a large particle size and] [uniform]

0039] Moreover, since optical materials, such as usual optical glass and a quartz, have the distribution from which a refractive index differs with wavelength, when dioptrics components, such as a lens formed with these ingredients, are used, the chromatic aberration from which a focal distance differs with wavelength occurs. When condensing the light from the light source with wide many wavelength or spectral band width with a dioptrics component, in order to amend chromatic aberration, usually the achromatism which forms a lens combining two or more ingredients with which refractive indexes differ is performed. As shown in the gestalt of this operation, however, inside [exposure field 35] the 1st pulse laser light 2 When arranging the exposure field 36 of the 2nd pulse laser light 6, the optical element formed with the single ingredient with which achromatism is not given is used. If the location of the irradiated sample 9 is adjusted so that the condensing point of the 2nd pulse laser light 6 may be located on the irradiated sample 9, the 1st pulse laser light 2 Since it is condensed in a different location from the irradiated sample 9 top, as ****, the exposure field 35 of the 1st pulse laser light 2 becomes large compared with the exposure field 36 of the 2nd pulse laser light 6, and the exposure field of the 2nd pulse laser light 6 comes to be located in the interior of the exposure field of the 1st pulse laser light 2. Thus the convergent radiotherapy optical system 8, the cheap lens which has not given achromatism etc. can be used for the interior of the exposure field 35 on the irradiated sample 9 of the 1st pulse laser light 2 by arranging the exposure field of the 2nd pulse laser light 6 where wavelength differs.

0040] In the gestalt of this operation, although the configuration which uses an amorphous silicon for the irradiated sample 9, and forms the polish recon film by the melting recrystallization by laser beam exposure was shown, the irradiated sample 9 is not restricted to an amorphous silicon, may be the ITO film, for example, can apply this laser annealer also to the conductive improvement by melting recrystallization of the ITO film.

0041] Moreover, the output rate of the 2nd [to the 1st pulse laser light 2] pulse laser light 6 should just choose the optimal value according to the absorption coefficient of the irradiated sample 9 to the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6, the melting point, exposure area, etc. For example, the absorption coefficient of the irradiated sample should just make low the output of the 2nd pulse laser light 6 to a big ingredient to the 2nd pulse laser light 6. In this case if the incidence reinforcement of the 1st [to a nonlinear optical element 10] pulse laser light 2 is reduced, since wavelength conversion efficiency will decrease, the output of the 2nd pulse laser light 6 can be made low. Moreover, the incidence reinforcement of the 1st pulse laser light 2 to a nonlinear optical element 10 can be easily changed by adjusting the focal distance of the condenser lens 11 arranged before a nonlinear optical element 10, and the distance from a condenser lens 11 to a nonlinear optical element 10.

0042] When annealing of the irradiated sample 9 was performed using the light source of single wavelength, the absorption coefficient of the irradiated sample 9 was always fixed, and since the thing in nanosecond order to control was not easy, it depended for the pulse width of a laser beam to irradiate on optimization of exposure conditions adjusting an output. Consequently, the class of irradiated sample 9 set as the object of annealing was restricted by the wavelength of the light source, and pulse width. Since the equivalent pulse width and the equivalent absorption coefficient over the

radiated sample 9 can be changed by changing the output rate of the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 3. When two pulse laser light from which wavelength differs is superimposed and it performs annealing of the irradiated sample 9, as shown in the gestalt of this operation, annealing of various ingredients can be performed compared with the case where the light source of single wavelength is used.

[0043] Gestalt 2. drawing 9 of operation is the block diagram showing the configuration of the internal wave length conversion mold solid state laser 101 which is the pulse laser light source which generates the 1st pulse laser light 2 of operation gestalt from which the laser annealer concerning this invention differs. The internal wave length conversion mold solid state laser 101 is equivalent to the pulse laser light source 1, is the same as that of drawing 1, and omits explanation of the part which overlaps the gestalt 1 of operation. [of the configuration of laser annealers other than this drawing 9, the YAG (yttrium aluminum garnet) crystal with which neodymium ion was doped is being used for the solid-state-laser medium 15 which is the solid-state component used as an active medium with the gestalt of this operation. The semiconductor laser 16 for exciting the solid-state-laser medium 15 is formed in the side of the solid-state-laser medium 15. The solid-state-laser medium 15 excited by semiconductor laser 16 emits the fundamental-wave laser beam 17 which wavelength has in a 1064nm near-infrared region. On the optical path of the fundamental-wave laser beam 17, Q switch 18 for pulse-izing the fundamental-wave laser beam 17 is formed. The 1st edge mirror 20 and 2nd higher-harmonic ejection mirror 22 are prepared in the location the solid-state medium laser 15 and whose Q switch 18 are pinched in between. Moreover, between this 2nd higher-harmonic ejection mirror 22 and the 2nd edge mirror 21, wavelength conversion of the fundamental-wave laser beam 17 is carried out, and the nonlinear optical element 19 for second harmonic generations which generates the 2nd higher harmonic is established. When the KTP (KTiOPO₄, phosphoric acid potassium titanate) crystal is used in the gestalt of this operation and incidence of the light with a wavelength of 1064nm is carried out, this nonlinear optical element 19 for second harmonic generations is omitted so that phase matching conditions may be fulfilled at the time of 2 double harmonic generation. Therefore, the wavelength of the 2nd higher harmonic serves as the 532nm light. Moreover, although not shown in drawing, the adjustment device of temperature and an installation include angle is prepared in the nonlinear optical element 19 for second harmonic generations. Moreover, the resonator which used the 1st edge mirror 20 as the end, and used the 2nd edge mirror 21 as the other end is constituted, and it has Q switch 18, the solid-state medium laser 15, and the 2nd higher-harmonic ejection mirror 22 in the interior. The nonlinear optical element 19 for second harmonic generations is also established on the optical path inside this resonator, and constitutes the resonator internal wave length conversion means. Total reflection coating which the 1st edge mirror 20 makes cause total reflection to the fundamental-wave laser beam 17 with a wavelength of 1064nm is performed. Total reflection coating which the 2nd edge mirror 21 makes cause total reflection to both fundamental-wave laser beam 17 with a wavelength of 1064nm and 2nd higher harmonic wave with a wavelength of 532nm is performed. The 2nd higher-harmonic ejection mirror 22 bends an optical axis, to the fundamental-wave laser beam 17 with a wavelength of 1064nm, it carries out total reflection in order to take out the 2nd higher harmonic to the resonator exterior, and two-wave coating is performed so that it may become all transparency to the 2nd higher harmonic with a wavelength of 532nm. The 2nd higher-harmonic ejection mirror 22 is pinched, and the bending mirror 23 which bends the travelling direction of the 2nd higher harmonic taken out from the 2nd higher-harmonic ejection mirror 22 is formed in the location of the nonlinear optical element 19 for second harmonic generations, and the opposite side. The beam ejection aperture 25 which takes out the 2nd higher-harmonic-wave light is formed in the case 24 of the internal wave length conversion mold solid state laser 101. In Q switch 18, the amount of optical losses in a resonator can be changed.

[0044] Next, actuation is explained. First, the excitation light which carries out outgoing radiation from semiconductor laser 16 is irradiated from the optical-axis side of the solid-state-laser medium 15, and the solid-state-laser medium 15 is excited. In the excited solid-state-laser medium 15, the inverted population arises between the energy levels of the specification according to the wavelength of excitation light, and the atomic structure of an active medium. In the condition that the optical loss by Q switch 18 arranged in a resonator is large although the inverted population decreases by spontaneous emission and induced emission, the optical reinforcement in a resonator cannot increase and reduction of the inverted population by induced emission can be disregarded. Therefore, as long as the inverted population augends by excitation exceeds the inverted population decrement by spontaneous emission, the inverted population increases and high energy is accumulated into the solid-state-laser medium 15. If the amount of optical losses by Q switch 18 is quickly reduced where high energy is accumulated into the solid-state-laser medium 15, the spontaneous emission light generated within the solid-state-laser medium 15 will be shut up by the 1st edge mirror 20 and the 2nd edge mirror 21 in a resonator. The magnification operation by the induced emission of the solid-state-laser medium 15 will be received, and the optical reinforcement of the fundamental-wave laser beam 17 in a resonator will increase quickly. Since the generating rate of induced emission is proportional to the optical reinforcement which passes the solid-state-laser medium 15, in case the

fundamental-wave laser beam 17 with optical high reinforcement passes through the inside of the solid-state-laser medium 15, induced emission will become remarkable and the inverted population will decrease below to a threshold. Consequently, the fundamental-wave laser beam 17 in a resonator suspends an oscillation. As mentioned above, pulse light with high peak light reinforcement can be generated by installing Q switch 18 in a resonator and fluctuating the optical loss in a resonator. Since the fundamental-wave laser beam 17 is especially considered as the configuration shown in the resonator which consists of the 1st edge mirror 20 and the 2nd edge mirror 21 in the gestalt of this operation, the optical reinforcement of the fundamental-wave laser beam 17 in a resonator becomes very high.

[0045] In the gestalt of this operation, since the nonlinear optical element 19 for second harmonic generations is arranged in a resonator and the fundamental-wave laser beam 17 is shut up in the resonator by the 1st edge mirror 20 and the 2nd edge mirror, incidence of the fundamental-wave laser beam 17 with very high peak light reinforcement can be carried out to the nonlinear optical element 19 for second harmonic generations. In the nonlinear optical element 19 for second harmonic generations, the rate that the fundamental-wave laser beam 17 is changed into the 2nd higher harmonic is proportional to the square of the optical reinforcement of the fundamental-wave laser beam 17 theoretically. According to the resonator internal wave length conversion configuration which has a wavelength conversion means as shown in the gestalt of this operation in the optical path of a resonator, incidence of the fundamental-wave laser beam 17 of high intensity can be carried out to the nonlinear optical element 19 for second harmonic generations, and the 2nd higher-harmonic light can be generated efficiently. The 2nd higher harmonic generated within the resonator is taken out from the 2nd higher-harmonic ejection mirror 22 installed in the resonator by the resonator exterior. The 2nd higher harmonic which is carried out outgoing radiation of the resonator has a travelling direction bent by the bending mirror 23, and carries out outgoing radiation from the beam ejection aperture 25 to the exterior of a case 24. The 2nd higher harmonic which has a wavelength in the visible region which carries out outgoing radiation to the exterior of a case 24 is used for annealing the 1st pulse laser light 2 of the laser annealer concerning this invention. In addition, the generating approach of the 2nd pulse laser light 6, the transmission approach to the irradiated sample 9, and the exposure approach for the irradiated sample are the same as the configuration shown with the gestalt 1 of operation except for being cut so that phase matching conditions may be fulfilled at the time of 2 double harmonic generation, when the included angle of a cut of a nonlinear optical element 10 carries out incidence of the light with a wavelength of 532nm.

[0046] In the gestalt of this operation, the fundamental-wave laser beam 17 which is in a near-infrared region using the solid-state-laser medium 15 is generated, wavelength conversion is performed for the fundamental-wave laser beam 17 pulse-ized with Q switch 18 by the nonlinear optical element 19 for second harmonic generations, the 2nd higher harmonic which has a wavelength in a visible region is generated, and it is used for annealing as 1st pulse laser light 2. Wavelength conversion is carried out at the light and the fundamental-wave laser beam generated from a solid-state-laser medium is used for annealing as 1st pulse laser light as shown in the gestalt of this operation, the same effectiveness as the gestalt 1 of operation is not only acquired, but unlike gas laser, such as argon laser used as the light source of the 1st pulse laser light 2 in the gestalt 1 of operation, it can miniaturize the light source for the 1st pulse laser light generation. Moreover, since the 1st pulse laser light 2 can be efficiently generated compared with gas laser, the running cost at the time of annealing can decrease, and cheaply quality annealing can be performed.

[0047] Furthermore, since the argon laser shown with the gestalt 1 of operation excites a gas medium with the electrode under discharge, it cannot avoid consumption of the electrode for discharge generating, and cannot be said to be excellent enough in the viewpoint of dependability a life and over a long period of time. Since it is markedly alike and dependable not only improves, but will improve over a long period of time if the solid-state-laser medium 15 is used as shown in the gestalt of this operation, annealing by which not only it is possible to aim at reduction of a maintenance cost, but quality was stabilized over the long period of time can be performed. [stability's of an output] Moreover, since a high increase in power is easy compared with gas laser, it is easy to aim at improvement in the productivity of annealing.

[0048] Although the example which used the YAG crystal for the solid-state-laser medium 15 was shown in the gestalt of this operation, if the YLF (LiYF₄) crystal which does not restrict the ingredient of the solid-state-laser medium 15 to yttrium and doped neodymium ion is used. Since the life of spontaneous emission is longer than a YAG crystal, the fundamental-wave laser beam 17 in the wavelength of 1047nm or a 1052nm near-infrared region is not only obtained, but in the case that the fundamental-wave laser beam 17 is pulse-ized with Q switch 18, energy can be efficiently accumulated into the solid-state-laser medium 15. Moreover, since change of the refractive index accompanying the temperature change of the solid-state-laser medium 15 is smaller than a YAG crystal, the stability of a laser output and beam quality improves. If the solid-state-laser medium 15 has oscillation wavelength not only in a YAG crystal and a YLF crystal but in the near-infrared region which made reference here, it can apply all and should just select the best crystal according to conditions required for annealing.

[0049] Moreover, although the configuration which performs wavelength conversion inside a resonator and generates

nd higher harmonic of a solid-state-laser medium in the gestalt of this operation was shown. If the optical reinforcement of the fundamental-wave laser beam 17 is fully high even when the fundamental-wave laser beam 17 is taken out of the resonator. The nonlinear optical element 19 for second harmonic generations is installed in the resonator exterior, wavelength conversion is performed in the resonator exterior, the 2nd higher harmonic is generated, and you may use it for annealing as 1st pulse laser light 2. If the nonlinear optical element 19 for second harmonic generations is arranged in the resonator exterior, the alignment of a resonator not only becomes easy, but the stability of an output will improve further and quality maintenance of annealing will become still easier.

[0050] Moreover, in the gestalt of this operation, although the configuration which uses semiconductor laser 16 as the excitation light source of the solid-state-laser medium 15 was shown, an arc lamp may be used as the excitation light source of the solid-state-laser medium 15. Although it is inferior over a long period of time compared with semiconductor laser 16 in the viewpoint of dependability when an arc lamp is used as the excitation light source, since it is cheap compared with semiconductor laser 16, reduction of the manufacturing cost of annealing equipment can be aimed at.

[0051] Although the configuration which generates the 2nd pulse laser light 6 which uses the 2nd higher harmonic of the solid-state-laser medium 15 as 1st pulse laser light 2, is made to generate 2 double higher harmonic of the 1st pulse laser light 2 in the gestalt of this operation, and has wavelength in an ultraviolet area was shown. The generating means of the 2nd pulse laser light 6 which has wavelength in an ultraviolet area. In using the 2nd higher harmonic of the solid-state-laser medium 15 instead of what is restricted to 2 double harmonic generation as 1st pulse laser light 2. Coincidence may be made to carry out incidence of the 2nd higher harmonic which is the fundamental-wave laser beam 17 of the solid-state-laser medium 15, and the 1st pulse laser light 2 to a nonlinear optical element 10, sum cycle mixing may be performed, and the 3 time higher harmonic of the fundamental-wave laser beam which has wavelength in an ultraviolet area may be used as 2nd pulse laser light 6. The thermal load to the nonlinear optical element which performs wavelength conversion. Since it becomes so high that the wavelength of the wavelength conversion light to generate becomes short, the 3 time higher harmonic of the fundamental-wave laser beam 17 is used as 2nd pulse laser light 6. Rather than the case where 2 double higher harmonic of the 2nd higher harmonic of the fundamental-wave laser beam 17, i.e., the 4 time higher harmonic of the fundamental-wave laser beam 17, is used as 2nd pulse laser light 6, the thermal load of a nonlinear optical element 10 which generates the 2nd pulse laser light 6 decreases, and the dependability of a laser annealer improves.

[0052] In the gestalt 1 of operation, and the gestalt 2 of operation, although the configuration which pulse-izes a laser beam using a Q switch was shown, even if it does not restrict the approach of pulse-izing to this and excites a laser light source by pulse operation, a pulse laser light applicable to annealing can be obtained.

[0053]

[Effect of the Invention] A 1st pulse laser light generating means to generate the 1st pulse laser light which has wavelength in a visible region according to this invention, incidence of the 1st pulse laser light is carried out, and it carries out wavelength conversion of a part of 1st pulse laser light. It has the 2nd pulse laser light generating means with an ultraviolet area is made to superimpose the 2nd pulse laser light which has wavelength on the 1st pulse laser light at the same axis, and carries out outgoing radiation to it. Since it enabled it to irradiate the 1st pulse laser light and the 2nd pulse laser light on which it was superimposed at an irradiated object. Since effective annealing not only becomes possible, but the exposure timing of the 1st pulse laser light and the 2nd pulse laser light is always kept constant to various ingredients, the annealing quality which was always fixed can be maintained. Furthermore, since optical-axis doubling of the 1st pulse laser light and the 2nd pulse laser light is unnecessary, maintenance nature, such as optical-path adjustment can be raised.

[0054] Moreover, according to this invention, since the 2nd pulse laser light generating means generates 2 double higher harmonic wave of the 1st pulse laser light, the optical path of wavelength-converted light and adjustment of a beam diameter are easy, and since the configuration of wavelength conversion can be simplified, reduction of the manufacturing cost of a laser annealer can be aimed at.

[0055] Moreover, since the 1st pulse laser light generating means is the solid state laser which generates the 2nd higher harmonic as 1st pulse laser light, using a solid-state component as an active medium according to this invention, it can attain the miniaturization of the light source for generating the 1st pulse laser light, and it not only becomes possible to generate the 1st pulse laser light efficiently, but can aim at improvement in a life of a lamp and dependability. Furthermore, while it is possible for the laser output to be stable, and to always perform annealing of fixed quality since high increase in power is also easy, the productivity drive of annealing can also be planned easily.

[0056] Moreover, since the 1st pulse laser light generating means is the solid state laser equipped with a resonator interior, wavelength conversion means to generate the 2nd higher harmonic as 1st pulse laser light according to this invention, interior light reinforcement of a resonator of the fundamental-wave laser beam generated from a solid-state-laser medium

is raised, wavelength conversion is performed using a fundamental-wave laser beam with optical high reinforcement, the 1st pulse laser light is generated efficiently, and reduction of the running cost of a laser annealer can be aimed at.

0057] Moreover, since the 1st pulse laser light generating means is the solid state laser pulse-ized by the Q switch which generates the 2nd higher harmonic wave as 1st pulse laser light according to this invention. Generating of the fundamental-wave laser beam of high intensity becomes easy, and the 2nd higher harmonic used as 1st pulse laser light is generated efficiently. The 2nd pulse laser light is not only becomes possible to aim at reduction of the running cost of a laser annealer, but generated by carrying out wavelength conversion of the 1st pulse laser light. Since it is located in the anterior part of the 1st pulse laser light in time, the 1st pulse laser light can compensate with the 2nd laser beam effectively dissipation of the heat produced in the irradiated sample, and annealing of high quality can be performed.

0058] Moreover, according to this invention, the 1st pulse laser light and the 2nd pulse laser light on which it was superimposed are condensed. An irradiated lifter is made to irradiate and the exposure field of the 1st pulse laser light is larger than the exposure field of the 2nd pulse laser light. The exposure field of the 2nd pulse laser light is Since it has a condensing means to make it located in the exposure field of the 1st pulse laser light. It migrates to the whole exposure field of the 2nd pulse laser light, and by the 1st pulse laser light, dissipation of heat can be compensated effectively, it migrates to the whole exposure field of the 2nd pulsed light, and homogeneity and quality annealing can be performed. Moreover, locating the exposure field of the 2nd pulse laser light in the interior of the exposure field of the 1st pulse laser light can use the cheap lens which has not given achromatism and which was formed with the single ingredient as a condensing means.

Translation done.]

NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the configuration of the laser annealer concerning the gestalt 1 of implementation of this invention.

[Drawing 2] It is the graph which shows time amount change of the optical reinforcement of the 1st pulse laser light in front of the nonlinear optical element incidence of the laser annealer concerning the gestalt 1 of implementation of this invention.

[Drawing 3] It is the graph which shows time amount change of the optical reinforcement of the 1st pulse laser light at the nonlinear optical element incidence of the laser annealer concerning the gestalt 1 of implementation of this invention.

[Drawing 4] It is the graph which shows time amount change of the optical reinforcement of the 2nd pulse laser light generated in the nonlinear optical element of the laser annealer concerning the gestalt 1 of implementation of this invention.

[Drawing 5] It is the top view showing the exposure field of the 1st pulse laser light and the 2nd pulse laser light on the irradiated sample of the laser annealer concerning the gestalt 1 of implementation of this invention (beam pattern).

[Drawing 6] It is the graph which shows the calculated value of time amount change of the temperature of the irradiated sample at the time of irradiating the 1st pulse laser light of the laser annealer concerning the gestalt 1 of implementation of this invention at an irradiated sample.

[Drawing 7] It is the graph which shows the calculated value of time amount change of the temperature of the irradiated sample at the time of irradiating the 2nd pulse laser light of the laser annealer concerning the gestalt 1 of implementation of this invention at an irradiated sample.

[Drawing 8] It is the graph which shows the calculated value of time amount change of the temperature of the irradiated sample at the time of superimposing the 1st pulse laser light and 2nd pulse laser light of a laser annealer concerning the gestalt 1 of implementation of this invention, and irradiating an irradiated sample.

[Drawing 9] It is the block which shows the configuration of the internal wave length conversion mold solid state laser used as the light source which generates the 1st pulse laser light of the laser annealer concerning the gestalt 2 of implementation of this invention.

[Drawing 10] It is the block diagram showing the configuration of the conventional laser annealer.

[Description of Notations]

1 Pulse Laser Light Source, 2 1st Pulse Laser Light, 6 2nd Pulse Laser Light, 8 Convergent radiotherapy optical system, 10 An irradiated sample, 10 Nonlinear optical element, 15 A solid-state-laser medium, 17 A fundamental-wave laser beam, 18 Q switch, 19 The nonlinear optical element for second harmonic generations, 20 The 1st edge mirror, 21 the 2nd edge mirror and 35 -- the exposure field (beam pattern) of the 1st pulse laser light, and 36 The exposure field (beam pattern) of the 2nd pulse laser light, and 101 Internal wave length conversion mold solid state laser (solid state laser).

[Translation done.]

NOTICES *

IPPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

***** shows the word which can not be translated.

In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

Claim(s)

Claim 1] A 1st pulse laser light generating means to generate the 1st pulse laser light which has wavelength in a visible region, incidence of the pulse laser light of the above 1st is carried out, and it carries out wavelength conversion of a part of pulse laser light of the above 1st. It has the 2nd pulse laser light generating means which an ultraviolet area is made superimpose the 2nd pulse laser light which has wavelength on the pulse laser light of the above 1st, and the same axis and carries out outgoing radiation to it. The laser annealer which enabled it to irradiate the pulse laser light of the above 1st by which superposition was carried out [above-mentioned], and the pulse laser light of the above 2nd at an irradiation object.

Claim 2] The laser annealer according to claim 1 with which the above-mentioned 2nd pulse laser light generating means is characterized by generating 2 double higher harmonic of the pulse laser light of the above 1st.

Claim 3] Claim 1 characterized by the above-mentioned 1st pulse laser light generating means being the solid state laser which generates the 2nd higher harmonic as a pulse laser light of the above 1st, using a solid-state component as an active medium, or a laser annealer given in two.

Claim 4] 3 is [claim 1 characterized by being the solid state laser which the above-mentioned 1st pulse laser light generating means equipped with a resonator internal wave length conversion means to generate the 2nd higher harmonic as a pulse laser light of the above 1st thru/or] the laser annealer of a publication either.

Claim 5] 4 is [claim 1 characterized by the pulse laser light generating means of the above 1st being the solid state laser pulse-ized by the Q switch which generates the 2nd higher harmonic wave as a pulse laser light of the above 1st thru/or] the laser annealer of a publication either.

Claim 6] 5 is [claim 1 characterized by to have a condensing means condense the pulse laser light of the above 1st by which superposition was carried out / above-mentioned /, and the pulse laser light of the above 2nd, make the above-mentioned irradiated object irradiate, and the exposure field of the 1st pulse laser light is larger than the exposure field of the 2nd pulse laser light, and make it the exposure field of the 2nd pulse laser light located in the exposure field of the 1st pulse laser light thru/or] the laser annealer of a publication either.

Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-12484

(P2000-12484A)

(43) 公開日 平成12年1月14日 (2000.1.14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 1 L 21/268		H 0 1 L 21/268	J 5 F 0 5 2
21/20		21/20	5 F 0 7 2
H 0 1 S 3/00		H 0 1 S 3/00	A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-178918

(22) 出願日 平成10年6月25日 (1998.6.25)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 藤川 周一

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 古田 啓介

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100057874

弁理士 曾我 道照 (外7名)

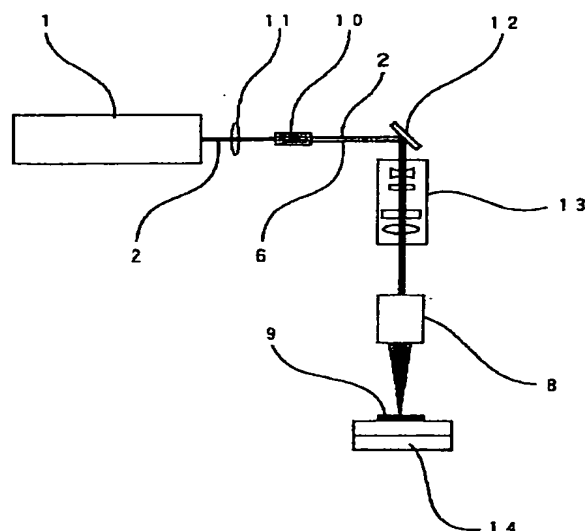
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザアニール装置

(57) 【要約】

【課題】 簡単な構成のもとで品質に優れたアニーリングを行うことを可能にしたレーザアニール装置を得る。

【解決手段】 可視域に波長を有する第1のパルスレーザ光2を発生するパルスレーザ光源1と、第1のパルスレーザ光2が入射され、第1のパルスレーザ光2の一部を波長変換して、紫外域に波長を有する2倍高調波である第2のパルスレーザ光6を第1のパルスレーザ光2と同軸上に重畳させて出射する第2パルスレーザ光発生手段である非線形光学素子10とを備え、重畳された第1のパルスレーザ光2および第2のパルスレーザ光6を被照射物9に照射できるようにした。被照射物9において、第1のパルスレーザ光の照射領域が第2のパルスレーザ光の照射領域を包含するようにレーザ光が照射される。



- 1 : パルスレーザ光源
- 2 : 第1のパルスレーザ光
- 6 : 第2のパルスレーザ光
- 8 : 電光変調光学系 (電光手段)
- 9 : 被照射材料
- 10 : 非線形光学素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 可視域に波長を有する第 1 のパルスレーザ光を発生する第 1 パルスレーザ光発生手段と、
上記第 1 のパルスレーザ光が入射され、上記第 1 のパルスレーザ光の一部を波長変換して、紫外域に波長を有する第 2 のパルスレーザ光を上記第 1 のパルスレーザ光と同軸上に重畳させて出射する第 2 パルスレーザ光発生手段とを備え、
上記重畳された上記第 1 のパルスレーザ光および上記第 2 のパルスレーザ光を被照射物に照射できるようにしたレーザアニール装置。

【請求項 2】 上記第 2 パルスレーザ光発生手段が、上記第 1 のパルスレーザ光の 2 倍高調波を発生することを特徴とする請求項 1 記載のレーザアニール装置。

【請求項 3】 上記第 1 パルスレーザ光発生手段が、固体素子を活性媒質として用い、上記第 1 のパルスレーザ光として第 2 高調波を発生する固体レーザであることを特徴とする請求項 1 あるいは 2 記載のレーザアニール装置。

【請求項 4】 上記第 1 パルスレーザ光発生手段が、上記第 1 のパルスレーザ光として第 2 高調波を発生する共振器内部波長変換手段を備えた固体レーザであることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか記載のレーザアニール装置。

【請求項 5】 上記第 1 のパルスレーザ光発生手段が、上記第 1 のパルスレーザ光として第 2 高調波を発生する Q スイッチによりパルス化された固体レーザであることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか記載のレーザアニール装置。

【請求項 6】 上記重畳された上記第 1 のパルスレーザ光および上記第 2 のパルスレーザ光を集光して、上記被照射物上に照射させ、第 1 のパルスレーザ光の照射領域が第 2 のパルスレーザ光の照射領域より広く、第 2 のパルスレーザ光の照射領域は、第 1 のパルスレーザ光の照射領域内に位置するようにする集光手段を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか記載のレーザアニール装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、アモルファスシリコンの熔融多結晶化や、ITO (Indium Tin Oxide) 膜の再結晶化による導電性改善等に使用するレーザアニール装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来のレーザアニール装置の例として、特開昭 56-29323 号公報に示されたレーザアニール装置が知られている。図 10 は特開昭 56-29323 号公報に示されている従来のレーザアニール装置の構成を示すブロック図である。図において、Q スイッチ固体レーザであるパルスレーザ光源 1 は、Q スイッチによ

りパルス化された基本波光である第 1 のパルスレーザ光 2 を発生する。3 は第 1 のパルスレーザ光 2 の光路を 2 方向に分岐するためのビームスプリッタ、4 はビームスプリッタ 3 で 2 方向に分岐された第 1 のパルスレーザ光 2 のうち一方の光路を延長する遅延光学系、5 は第 1 のパルスレーザ光 2 の光周波数を通倍する光周波数通倍器、6 はビームスプリッタ 3 で分岐されたもう一方の第 1 のパルスレーザ光 2 の光周波数を光周波数通倍器 5 により通倍した高調波光である第 2 のパルスレーザ光である。7 は 45° 入射の基本波光である第 1 のパルスレーザ光 2 を透過し 45° 入射の高調波光である第 2 のパルスレーザ光 6 を反射する 2 色性ビームスプリッタ、8 は集光照射光学系、9 は被照射試料である。

【0003】 次に動作について説明する。パルスレーザ光源 1 は、Q スイッチによりパルス化された基本波光である第 1 のパルスレーザ光 2 を発生する。パルスレーザ光源 1 を出射した第 1 のパルスレーザ光 2 は、ビームスプリッタ 3 により 2 方向に分岐される。ビームスプリッタ 3 を透過する第 1 のパルスレーザ光 2 は遅延光学系 4 に入射し、一定の時間遅れをもって遅延光学系 4 から出射し 2 色性ビームスプリッタ 7 に到達する。一方、ビームスプリッタ 3 によって直角方向に反射された第 1 のパルスレーザ光 2 は光周波数通倍器 5 に入射し、第 1 のパルスレーザ光 2 の一部は光周波数が通倍された第 2 のパルスレーザ光 6 に変換され、2 色性ビームスプリッタ 7 に到達する。2 色性ビームスプリッタ 7 は、45° 入射の第 1 のパルスレーザ光 2 に対しては透過、45° 入射の高調波光である第 2 のパルスレーザ光 6 に対しては反射するように形成されているため、遅延光学系 4 によって遅延された第 1 のパルスレーザ光 2 の光路と光周波数通倍器により光周波数が通倍された第 2 のパルスレーザ光 6 の光路は合成され、第 1 のパルスレーザ光 2 および第 2 のパルスレーザ光 6 はともに集光照射光学系 8 に入射する。集光照射光学系 8 によって、第 1 のパルスレーザ光 2 および第 2 のパルスレーザ光 6 はともに集光ボタンが被照射試料 9 の照射領域に整合するよう調整され、被照射試料 9 を照射する。なお、遅延光学系 4 によって第 1 のパルスレーザ光 2 にもたらされる時間遅れは、少なくとも基本波光である第 1 のパルスレーザ光 2 の 2 パルス分の時間幅以上となるよう設定されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 従来のレーザアニール装置は上記のように構成されており、基本波光と高調波光とが異なる光路を有するため、光学部品等の装置構成要素が多く、装置コストが高価になるという課題があった。また、装置構成要素が多いばかりでなく、一旦分岐した光路を再度正確に合成する必要があるため、光路調整が複雑かつ難しく、メンテナンス性が低いという課題があった。

【0005】 また、基本波と高調波光とのタイミング調

整のため、別個に遅延光学系を設けているため、コスト増大の一因になるばかりでなく、能動的に基本波光と高調波光のタイミングを調整する必要があるため、装置の調整要素が増加し、メンテナンス性低下の一因になるという課題があった。

【0006】また、光路の分岐や遅延光学系の設置によって、Qスイッチ固体レーザを出射した基本波光が被照射試料へ至るまでに通過する光学素子の数は非常に多く、各光学素子における光損失によりレーザ光の利用効率が低下するという課題があった。

【0007】また、光周波数通倍器において高調波光に変換されなかった基本波光は、2色性ビームスプリッター7において被照射試料9の方向に直角に折り曲げられることなく透過するため、レーザ光利用効率低下の一因になるという課題があった。

【0008】また、Qスイッチ固体レーザの基本波光は、通常、赤外域に波長を有するため、被照射試料としてシリコンを用いたアニーリングを行う場合、基本波光の吸収係数は非常に低く、被照射試料に対し熱的な影響をほとんど与えることなく、被照射試料を透過、もしくは被照射試料表面で反射してしまい、効果的なアニーリングを行うことが困難であるという課題があった。

【0009】この発明は、このような課題を解決するためになされたもので、簡単な構成により品質の優れたアニーリングを行うことが可能なレーザアニール装置を得ることを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】この発明に係るレーザアニール装置は、可視域に波長を有する第1のパルスレーザ光を発生する第1パルスレーザ光発生手段と、第1の30 パルスレーザ光が入射され、第1のパルスレーザ光の一部を波長変換して、紫外域に波長を有する第2のパルスレーザ光を第1のパルスレーザ光と同軸上に重畳させて出射する第2パルスレーザ光発生手段とを備え、重畳された第1のパルスレーザ光および第2のパルスレーザ光を被照射物に照射できるようにしたものである。

【0011】この発明に係るレーザアニール装置は、第2パルスレーザ光発生手段が第1のパルスレーザ光の2倍高調波を発生することを特徴とするものである。

【0012】この発明に係るレーザアニール装置は、第1パルスレーザ光発生手段が、固体素子を活性媒質として用い、第1のパルスレーザ光として第2高調波を発生する固体レーザであることを特徴とするものである。

【0013】この発明に係るレーザアニール装置は、第1パルスレーザ光発生手段が、第1のパルスレーザ光として第2高調波を発生する共振器内部波長変換手段を備えた固体レーザであることを特徴とするものである。

【0014】この発明に係るレーザアニール装置は、第1のパルスレーザ光発生手段が、第1のパルスレーザ光として第2高調波を発生するQスイッチによりパルス化

された固体レーザであることを特徴とするものである。

【0015】この発明に係るレーザアニール装置は、重畳された第1のパルスレーザ光および第2のパルスレーザ光を集光して、被照射物上に照射させ、第1のパルスレーザ光の照射領域が第2のパルスレーザ光の照射領域より広く、第2のパルスレーザ光の照射領域は、第1の30 パルスレーザ光の照射領域内に位置するようにする集光手段を備えることを特徴とするものである。

【0016】

10 【発明の実施の形態】実施の形態1. この発明の実施の形態であるレーザアニール装置の構成を示すブロック図を図1に示す。図1において、図中、図10と同一符号は同一部分もしくは相当部分を示している。図1において、パルスレーザ光源1は可視域の波長を有する第1の30 パルスレーザ光2を発生させる第1のパルスレーザ発生手段である。第1のパルスレーザ光2の光路内には、第1のパルスレーザ光の一部を波長変換して、紫外域に波長を有する第2のパルスレーザ光を第1のパルスレーザ光と同軸上に重畳させて出射する第2パルスレーザ光発生手段である非線形光学素子10が設けられている。パルスレーザ光源1と非線形光学素子10の間には、第1の30 パルスレーザ光2を集光し、非線形光学素子10の入射時の第1のパルスレーザ光2の光強度を高め、紫外光への波長変換効率の向上を図るための集光レンズ11が設けられている。非線形光学素子10と被照射物である被照射試料9との間には、非線形光学素子10から出射した第1の30 パルスレーザ光2および第2のパルスレーザ光6の進行方向を直角に折り曲げるベンドミラー12、第1の30 パルスレーザ光2および第2のパルスレーザ光6の30 ビーム径およびビーム広がり角を調整するためのビーム調整光学系13および第1の30 パルスレーザ光2、第2の30 パルスレーザ光6を集光して、その集光ボタンが被照射試料9の照射領域に整合するよう調整でき、被照射試料9に照射できる集光手段である集光照射光学系8が、第1の30 パルスレーザ光2および第2の30 パルスレーザ光6の30 進行方向に向かって直列に設けられている。被照射試料9は、ステージ14上に設置されるようになっており、ステージ14によって、上下、左右に移動できるようになっている。

40 【0017】この発明の実施の形態のパルスレーザ光源1は、可視域にある発振波長515nmのアルゴンイオンレーザを用い、Qスイッチでパルス化して第1の30 パルスレーザ光2を発生させている。非線形光学素子10は、 β -BBO (β -BaB₂O₄、ベータバリウムボレイト)結晶を使用しており、波長515nmの光である第1の30 パルスレーザ光2を入射し、第1の30 パルスレーザ光2の2倍高調波である第2の30 パルスレーザ光6を発生する際、位相整合条件が満たされるよう β -BBO結晶の表面がカットされている。従って、第2の30 パルスレーザ光6は、波長258nmの紫外光となる。また、図

には示していないが非線形光学素子 10 には温度および設置角度に応じた調整手段が設けられている。被照射試料 9 はアモルファスシリコン膜で、レーザ光を照射することにより熔融再結晶化しポリシリコン膜を形成する。

【0018】次に動作を説明する。パルスレーザ光源 1 を出射した第 1 のパルスレーザ光 2 は、集光レンズ 11 により集光され、非線形光学素子 10 に入射する。非線形光学素子 10 は、前述したように 2 倍高調波発生時に位相整合条件が満たされるようカットされているため、非線形光学素子 10 へ入射した第 1 のパルスレーザ光 2 の一部は 2 倍高調波へ波長変換され、紫外域に波長を有する第 2 のパルスレーザ光となる。第 2 のパルスレーザ光は、第 1 のパルスレーザ光 2 の光路に沿って発生するため、ウォークオフによる進行方向のずれを無視すれば、第 2 のパルスレーザ光 6 は、第 1 のパルスレーザ光 2 の同軸上に発生するものとみなすことができる。

【0019】非線形光学素子 10 を出射した第 1 のパルスレーザ光 2 および第 2 のパルスレーザ光 6 は、同一のベンドミラー 12 により直角に折り曲げられ、ビーム調整光学系 13 に入射する。ビーム調整光学系 13 は複数の円筒凸レンズおよび円筒凹レンズから構成されており、第 1 のパルスレーザ光 2 および第 2 のパルスレーザ光 6 のビーム径を拡大するとともに、ビーム広がり角を低減させる。

【0020】集光照射光学系 8 に入射した第 1 のパルスレーザ光 2 および第 2 のパルスレーザ光 6 は、線状に集光される。ここで、第 1 のパルスレーザ光 2 と第 2 のパルスレーザ光 6 は、波長が異なるため色収差を生じ、集光点が異なる。この実施の形態においては、紫外域に波長を有する第 2 のパルスレーザ光 6 の集光点が、被照射試料 9 上に位置するようにステージ 14 によって被照射試料 9 の高さが調整されている。従って、第 1 のパルスレーザ光 2 は十分集光されていない状態で、第 2 のパルスレーザ光 6 は集光された状態で被照射試料 9 を照射する。

【0021】図 2 乃至図 4 は、この発明の実施の形態に係るレーザアニール装置の第 1 のパルスレーザ光あるいは第 2 のパルスレーザ光の光強度の時間変化を示すグラフである。図において、光強度を示す縦軸の単位は任意の単位 (arbitrary unit) を用いている。図 2 は非線形光学素子 10 に入射する前の第 1 のパルスレーザ光 2 の光強度の時間変化を示し、図 3 は非線形光学素子 10 に入射した後の第 1 のパルスレーザ光 2 の光強度の時間変化を示し、図 4 は非線形光学素子 10 で発生した第 2 のパルスレーザ光 6 の光強度の時間変化を示している。この実施の形態においては、Q スイッチを用いてレーザをパルス化しているため、非線形光学素子 10 入射前の第 1 のパルスレーザ光 2 の光強度は、急速に立ち上がり、最大光強度到達後なだらかに減少する波形を示している。従って、最大光強度到達時の時間位置は

第 1 のパルスレーザ光 2 の光強度の時間変化を示すパルス時間波形の前半に位置している。

【0022】第 2 のパルスレーザ光 6 は第 1 のパルスレーザ光 2 の 2 倍高調波であり、この 2 倍高調波を発生する際の 2 倍高調波への波長変換効率は、理論的には非線形光学素子 10 に入射する被波長変換光（ここでは、第 1 のパルスレーザ光 2）の光強度の 2 乗に比例する。従って、図 2 において、非線形光学素子 10 へ入射する第 1 のパルスレーザ光 2 において、最大光強度近傍の光は他の領域に比べ 2 倍高調波へ変換される割合が高く、光強度の低い領域の光は 2 倍高調波へ変換される割合が低くなる。この結果、非線形光学素子 10 出射後の第 1 のパルスレーザ光 2 の時間波形は、非線形光学素子 10 入射以前の時間波形に比べ、最大光強度近傍の光強度の減少が顕著となり、外見上半値全幅が長くなる。この実施の形態においては、第 1 のパルスレーザ光 2 の半値全幅は、非線形光学素子 10 通過前後で、70 ns 程度（図 2 参照）から 120 ns 程度（図 3 参照）と長くなる。

【0023】第 1 のパルスレーザ光 2 の 2 倍高調波である第 2 のパルスレーザ光 6 の光強度は、上述のように第 1 のパルスレーザ光 2 の光強度の 2 乗に比例するため、第 2 のパルスレーザ光 6 の光強度の時間波形は、図 4 に示すように、非線形光学素子 10 入射前の第 1 のパルスレーザ光 2 の光強度の高低が強調された波形となる。この結果、第 2 のパルスレーザ光 6 のパルス時間幅は、第 1 のパルスレーザ光 2 のパルス時間幅に比べ短い。また、第 2 のパルスレーザ光 6 の最大光強度は第 1 のパルスレーザ光 2 の最大光強度に対応するため、第 2 のパルスレーザ光 6 は、時間的に第 1 のパルスレーザ光 2 の前半に位置する。この実施の形態においては、非線形光学素子 10 入射前の第 1 のパルスレーザ光の半値全幅が 70 ns 程度（図 2 参照）であるのに対し、第 2 のパルスレーザ光 6 の半値全幅は 20 ns 程度（図 4 参照）となっている。

【0024】この実施の形態においては、第 1 のパルスレーザ光 2 の 10% 程度を、第 2 のパルスレーザ光 6 へ変換している。第 1 のパルスレーザ光 2 から第 2 のパルスレーザ光 6 への変換割合は、集光レンズ 11 の焦点距離や設置位置により調整することができる。すなわち、集光レンズ 11 の焦点距離や設置位置を変化させることにより、非線形光学素子 10 に対する第 1 のパルスレーザ光 2 の入射強度が変化するので、第 1 のパルスレーザ光 2 から第 2 のパルスレーザ光 6 への変換割合が調整される。

【0025】この発明の実施の形態に係るレーザアニール装置の被照射試料 9 上における第 1 のパルスレーザ光 2 と第 2 のパルスレーザ光 6 の照射領域であるビームパターンを図 5 に示す。図において、図中、は第 1 のパルスレーザ光の照射領域（ビームパターン）35 が、第 2 のパルスレーザ光 6 の照射領域（ビームパターン）36 より広

く、第2のパルスレーザ光の照射領域36は第1のパルスレーザ光2の照射領域35内に位置するように集光されている。

【0026】第2のパルスレーザ光6は、第1のパルスレーザ光2の2倍高調波であり、第1のパルスレーザ光2と第2のパルスレーザ光6は波長が異なるため、図5で示した第1のパルスレーザ光2および第2のパルスレーザ光6の照射領域（ビームパタン）は容易に得ることができる。即ち、通常の光学材料には波長によって屈折率が異なる分散があるため、単一の光学材料を用いて集光照射光学系8を構成すれば、波長によって集光位置が異なる色収差が発生する。このため、第2のパルスレーザ光6の集光位置に被照射試料9を設置すれば、被照射試料9は必然的に第1のパルスレーザ光2の集光位置からずれ、被照射試料9上での第1のパルスレーザ光6の照射領域はぼやけたものとなる。この結果、図5で示すように第1のパルスレーザ光2の照射領域35内部に、第2のパルスレーザ光6の照射領域36が重なって形成される。

【0027】図6乃至8は、この発明の実施の形態に係るレーザアニール装置の第1のパルスレーザ光2あるいは第2のパルスレーザ光6を照射した被照射試料である同一のアモルファスシリコン膜の温度の時間変化を計算した結果を示すグラフである。図6は非線形光学素子10通過後の第1のパルスレーザ光2のみを被照射試料9に照射した際の被照射試料9の温度の時間変化を示し、図7は第2のパルスレーザ光6のみを被照射試料9に照射した際の被照射試料9の温度の時間変化を示し、図8は、第1のパルスレーザ光2と第2のパルスレーザ光6を重畳し、被照射試料9に照射した際の被照射試料9の温度の時間変化を示している。この実施の形態においては、第1のパルスレーザ光2および第2のパルスレーザ光6はともに同一光路を介し、非線形光学素子10から被照射試料9へ至るため、両者を重畳し被照射試料9に照射する際の第1のパルスレーザ光2と第2のパルスレーザ光6のタイミングは、非線形光学素子10における第2のパルスレーザ光6発生時の第1のパルスレーザ光2と第2のパルスレーザ光のタイミングが維持される。従って、図3および図4で示したように、半値全幅120ns程度の第1のパルスレーザ光2の前半に、半値全幅20ns程度の第2のパルスレーザ光6が時間的に位置する。

【0028】第1のパルスレーザ光2の波長515nmにおける被照射試料9であるアモルファスシリコンの吸収係数は、 $1.0 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$ 程度、第2のパルスレーザ光6の波長258nmにおける被照射試料9であるアモルファスシリコンの吸収係数は、 $1.0 \times 10^6 \text{ cm}^{-1}$ 程度で、アモルファスシリコンに対する吸収係数は、第2のパルスレーザ光の方が1桁大きい。ここで、物質への光の浸透深さは、その物質の吸収係数が大

きくなるほど浅くなる。このため、第2のパルスレーザ光6の大部分は、被照射試料9であるアモルファスシリコン膜で吸収されるのに比べ、第1のパルスレーザ光2がアモルファスシリコン膜において吸収される割合は少ない。

【0029】図6に示すように、第1のパルスレーザ光2のみを照射した場合の被照射試料9の温度は、照射開始とともに比較的緩やかに温度が上昇し、融点に到達することなく減少へ転じているのに対し、図7に示すように、第2のパルスレーザ光6のみを照射した場合には、照射開始直後から急速に温度が上昇し被照射試料9の融点に至り、30～40ns程度の間、融点近傍の一定温度を維持した後、減少に転じている。第2のパルスレーザ光6は、アモルファスシリコンに対する吸収係数が大きいので、第2のパルスレーザ光6を被照射試料9に照射した時、第2のパルスレーザ光6の照射領域36内にあるアモルファスシリコンの大部分が液相へ転移する。第2のパルスレーザ光6のみを照射した際、融点近傍で一定温度が維持されるのは、アモルファスシリコンの潜熱によるものである。また、図8に示すように、第1のパルスレーザ光2と第2のレーザ光6を重畳して照射した場合には、融点近傍での一定温度持続時間が、第2のパルスレーザ光6のみを照射した場合に比べ大幅に増加し、150ns程度の間、融点近傍の温度が維持される。これはパルス時間幅の長い第1のパルスレーザ光2を被照射試料9が吸収することにより、第2のパルスレーザ光6の吸収で生じた熱の散逸が効果的に補償されたためである。

【0030】溶融したアモルファスシリコン膜は、熱の散逸とともに凝固を開始する。この際、レーザ光照射で完全に溶融することなく残留したシリコンを核に結晶が成長する。このため、レーザ光照射により溶融したアモルファスシリコン膜は、粒状のシリコン単結晶が集合したポリシリコン膜へと変化する。ポリシリコン膜はアモルファスシリコン膜に比べ電子移動度が大きく、ポリシリコンで形成したトランジスタは、アモルファスシリコンで形成したものに比べ動作速度が著しく速い。シリコン結晶粒の粒径が大きくなるほど、粒界において電子がトラップされる確率が低くなり電子移動度は高くなる。従って、高い電子移動度を有するポリシリコン膜を形成するためには、レーザ光照射による溶融再結晶化の際に、大粒径のシリコン結晶粒を成長させる必要がある。

【0031】シリコン結晶粒は、アモルファスシリコン膜が融点に到達し、熱の散逸によりシリコン膜全体が凝固するまでの間、即ち、融点近傍における温度一定期間内に成長する。従って、温度一定期間が短くなれば、結晶粒は十分に成長することができず、ポリシリコン中の結晶粒の粒径は小さくなる。このため、融点近傍における温度一定期間を如何に長く保つかが、高電子移動度のポリシリコン膜を形成するための重要な課題となる。

【0032】一方、被照射試料9であるアモルファスシリコン膜に、過剰なエネルギーを供給した場合には、被照射試料9の温度は融点を大きく越え、アモルファスシリコンは完全に熔融する。この場合、再結晶化時の核が残留しないため、結晶粒は多量に発生する。この結果、結晶粒は小さくなり、高い電子移動度を有するポリシリコン膜は得ることができない。

【0033】この実施の形態によれば、被照射試料9に対し吸収係数が大きく紫外域に波長を有する第2のパルスレーザ光6を照射することにより、被照射試料9であるアモルファスシリコンを一気に融点まで加熱し、第2のパルスレーザ光6に比べ被照射試料9に対する吸収係数が小さくパルス時間幅の長い可視域に波長を有する第1のパルスレーザ光を、第2のパルスレーザ光6と重畳し、被照射試料9に対し照射するので、第2のパルスレーザ光6により被照射試料9内に発生した熱の散逸を、第1のパルスレーザ光2により被照射試料9内に発生した熱で補償し、融点近傍の温度一定期間を効果的に延長することができる。この結果、結晶粒径が1 μ m以上で、200cm³/V以上の高い電子移動度を有するポリシリコン膜を形成することができる。

【0034】また、可視域に波長を有する第1のパルスレーザ光2と、紫外域に波長を有する第2のパルスレーザ光6を、重畳して被照射試料9に照射し、融点近傍の温度一定期間の延長を図る場合、第1のパルスレーザ光2と第2のパルスレーザ光6の照射タイミングによって、温度一定期間の長さは大きく変化する。従って、第1のパルスレーザ光2と第2のパルスレーザ光6をそれぞれ独立した光源を使用して発生させた場合、両光源動作時のジッタ等により、常に一定の特性を有するポリシリコン膜を安定に形成することが難しい。

【0035】しかしながら、この実施の形態によれば、可視域に波長を有する第1のパルスレーザ光2に対し、非線形光学素子10を用いて波長変換を施し紫外光を発生させて第2のパルスレーザ光6として使用するので、第1のパルスレーザ光2と第2のパルスレーザ光6の発生タイミングを常に一定に保つことができる。また、第2のパルスレーザ光6は、非線形光学素子10において第1のパルスレーザ光2と同軸上に発生し、第1のパルスレーザ光2および第2のパルスレーザ光6が同一光路を介し、非線形光学素子10から被照射試料9まで伝送されるので、別途調整機構を設けることなく被照射試料9上での第1のパルスレーザ光2と第2のパルスレーザ光6の照射タイミングを常に一定に保つことができる。

【0036】また、この実施の形態においては、第2のパルスレーザ光2を発生する波長変換手段として2倍高調波発生を利用している。この2倍高調波発生は和周波混合等、他の短波長への波長変換手段に比べ、非線形光学素子10へ入射させる被波長変換光は1種類でよいので、被波長変換光の光路やビーム径の調整が容易であ

り、構成自体も簡単にすることができる。

【0037】また、第2のパルスレーザ光6は非線形光学素子10において第1のパルスレーザ光2と同軸上に発生し、非線形光学素子10から被照射試料9まで同一光路を介し伝送するので、光路構成が簡素となるばかりでなく、第1のパルスレーザ光2と第2のパルスレーザ光6との光軸合わせ等が不要となり、光路調整が非常に簡単になる。

【0038】また、この実施の形態においては、図5で示したように、被照射試料9上の第1のパルスレーザ光2の照射領域35内に、第2のパルスレーザ光6の照射領域36が位置するように調整されているため、第2のパルスレーザ光6の照射領域36全体にわたり、第1のパルスレーザ光2によって熱の散逸が効果的に補償され、粒径が大きく均一なポリシリコン膜を、第2のパルスレーザ光2の照射領域36全体に形成することができる。

【0039】また、通常の光学ガラスや石英等の光学材料には、波長により屈折率が異なる分散があるため、これらの材料で形成されたレンズ等の屈折光学素子を使用した場合、波長により焦点距離が異なる色収差が発生する。多波長、もしくはスペクトル幅の広い光源からの光を屈折光学素子で集光する場合、色収差を補正するため、屈折率の異なる2つ以上の材料を組み合わせることでレンズを形成する色消しを行うのが通常である。しかしながら、この実施の形態に示すように、第1のパルスレーザ光2の照射領域35内部に、第2のパルスレーザ光6の照射領域36を配置する場合、色消しが施されていない単一の材料で形成された光学素子を使用し、被照射試料9上に第2のパルスレーザ光6の集光点が位置するように被照射試料9の位置を調整すれば、第1のパルスレーザ光2は、被照射試料9上とは異なる位置で集光されるため、結界として第1のパルスレーザ光2の照射領域35は第2のパルスレーザ光6の照射領域36に比べ広くなり、第1のパルスレーザ光2の照射領域内部に、第2のパルスレーザ光6の照射領域が位置ようになる。このように、第1のパルスレーザ光2の被照射試料9上の照射領域35の内部に、波長が異なる第2のパルスレーザ光6の照射領域36を配置することにより、集光照射光学系8において、色消し等を施していない安価なレンズを使用することができる。

【0040】この実施の形態においては、被照射試料9にアモルファスシリコンを使用し、レーザ光照射による熔融再結晶化でポリシリコン膜を形成する構成を示したが、被照射試料9はアモルファスシリコンに限るものではなく、例えばITO膜であってもよく、このレーザーアニール装置をITO膜の熔融再結晶化による導電性向上にも適用することができる。

【0041】また、第1のパルスレーザ光2に対する第2のパルスレーザ光6の出力割合は、第1のパルスレーザ光2と第2のパルスレーザ光6に対する被照射試料9

の吸収率、融点、照射面積等に応じ、最適な値を選べばよい。例えば、第2のパルスレーザ光6に対し、被照射試料9の吸収率が大きな材料に対しては、第2のパルスレーザ光6の出力を低くすればよい。この場合、非線形光学素子10に対する第1のパルスレーザ光2の入射強度を低下させれば、波長変換効率が減少するため、第2のパルスレーザ光6の出力を低くすることができる。また、非線形光学素子10への第1のパルスレーザ光2の入射強度は、非線形光学素子10の手前に配置した集光レンズ11の焦点距離や、集光レンズ11から非線形光学素子10までの距離を調整することで、容易に変化させることができる。

【0042】単一波長の光源を用いて、被照射試料9のアニーリングを行う場合、被照射試料9の吸収率は常に一定であり、照射するレーザ光のパルス幅をナノ秒オーダーでの制御することは容易ではないため、照射条件の最適化は出力のみを調整することに頼っていた。この結果、光源の波長、パルス幅によって、アニーリングの対象となる被照射試料9の種類は制限されていた。この実施の形態に示すように、波長の異なる2つのパルスレーザ光を重畳して被照射試料9のアニーリングを行う場合には、第1のパルスレーザ光2と第2のパルスレーザ光6の出力割合を変化させることにより、被照射試料9に対する等価的なパルス幅や吸収率を変化させることができるので、単一波長の光源を使用した場合に比べ、多様な材料のアニーリングを行うことができる。

【0043】実施の形態2。図9は、この発明に係るレーザアニール装置の異なる実施形態の第1のパルスレーザ光2を発生するパルスレーザ光源である内部波長変換型固体レーザ101の構成を示すブロック図である。内部波長変換型固体レーザ101は、パルスレーザ光源1に相当するものであり、これ以外のレーザアニール装置の構成は図1と同様であり、実施の形態1と重複する部分の説明は省略する。図9において、活性媒質として用いられる固体素子である固体レーザ媒質15は、この実施の形態ではネオジウムイオンがドープされたYAG（イットリウムアルミニウムガーネット）結晶を使用している。固体レーザ媒質15を励起するための半導体レーザ16が固体レーザ媒質15の側方に設けられている。半導体レーザ16によって励起された固体レーザ媒質15は、波長は1064nmの近赤外域にある基本波レーザ光17を放出する。基本波レーザ光17の光路上には、基本波レーザ光17をパルス化するためのQスイッチ18が設けられている。固体媒質レーザ15およびQスイッチ18を間に挟む位置に、第1の端部ミラー20と第2高調波取り出しミラー22が設けられている。また、この第2高調波取り出しミラー22と第2の端部ミラー21との間には、基本波レーザ光17を波長変換し、第2高調波を発生する第2高調波発生用非線形光学素子19が設けられている。この第2高調波発生用非線

形光学素子19は、この実施の形態においてはKTP（ KTiOPO_4 、リン酸チタン酸カリウム）結晶を使用しており、波長1064nmの光を入射した際、2倍高調波発生時に位相整合条件が満たされるようカットされている。従って、第2高調波の波長は、532nmの可視光となる。また、図には示していないが第2高調波発生用非線形光学素子19には温度および設置角度の調整手段が設けられている。また、第1の端部ミラー20を一端とし、第2の端部ミラー21を他端とした共振器が構成されており、その内部にはQスイッチ18、固体媒質レーザ15、第2高調波取り出しミラー22を有する。第2高調波発生用非線形光学素子19もまた、この共振器の内部の光路上に設けられており、共振器内部波長変換手段を構成している。第1の端部ミラー20は、波長1064nmの基本波レーザ光17に対し全反射を起こさせる全反射コーティングが施されている。第2の端部ミラー21は波長1064nmの基本波レーザ光17と波長532nmの第2高調波との両者に対し全反射を起こさせる全反射コーティングが施されている。第2高調波取り出しミラー22は光軸を折り曲げ、第2高調波を共振器外部に取り出すため波長1064nmの基本波レーザ光17に対しては全反射し、波長532nmの第2高調波に対しては全透過となるように2波長コーティングが施されている。第2高調波取り出しミラー22を挟んで、第2高調波発生用非線形光学素子19と反対側の位置には、第2高調波取り出しミラー22から取り出された第2高調波の進行方向を折り曲げる折り曲げミラー23が設けられている。内部波長変換型固体レーザ101のケース24には、第2高調波光を取り出すビーム取り出し窓25が設けられている。Qスイッチ18では、共振器内の光損失量を変化させることができる。

【0044】次に動作を説明する。まず、半導体レーザ16から出射する励起光を固体レーザ媒質15の光軸側方より照射して固体レーザ媒質15の励起を行う。励起された固体レーザ媒質15中には、励起光の波長、活性媒質の原子構造に応じた特定のエネルギー準位間で反転分布が生じる。反転分布は自然放出および誘導放出により減少するが、共振器内に配置したQスイッチ18による光損失が大きい状態では、共振器内の光強度は増大し得ず、誘導放出による反転分布の減少は無視することができる。従って、励起による反転分布増加量が自然放出による反転分布減少量を上回る限り反転分布は増加し、高いエネルギーが固体レーザ媒質15内に蓄積される。固体レーザ媒質15内に高いエネルギーが蓄積された状態で、Qスイッチ18による光損失量を急速に低下させると、固体レーザ媒質15内で発生した自然放出光は、第1の端部ミラー20と第2の端部ミラー21により共振器内に閉じ込められ、固体レーザ媒質15の誘導放出による増幅作用を被り共振器内の基本波レーザ光17の光強度は急速に増加する。誘導放出の発生割合は、固体

レーザ媒質 15 を通過する光強度に比例するため、光強度の高い基本波レーザ光 17 が固体レーザ媒質 15 中を通過する際、誘導放出が顕著となり反転分布はしきい値以下にまで減少してしまう。この結果、共振器内の基本波レーザ光 17 は発振を停止する。上述のように、共振器内に Q スイッチ 18 を設置し、共振器内の光損失を増減することにより、ピーク光強度の高いパルス光を発生することができる。特に、この実施の形態においては基本波レーザ光 17 を第 1 の端部ミラー 20 および第 2 の端部ミラー 21 から構成される共振器内に閉じ込める構成としているので、共振器内の基本波レーザ光 17 の光強度は非常に高くなる。

【0045】この実施の形態においては、共振器内に第 2 高調波発生用非線形光学素子 19 を配置し、かつ第 1 の端部ミラー 20 と第 2 の端部ミラーによって基本波レーザ光 17 を共振器内に閉じ込めているので、非常にピーク光強度の高い基本波レーザ光 17 を第 2 高調波発生用非線形光学素子 19 へ入射させることができる。第 2 高調波発生用非線形光学素子 19 において、基本波レーザ光 17 が第 2 高調波へ変換される割合は、理論的には基本波レーザ光 17 の光強度の 2 乗に比例する。この実施の形態に示すような波長変換手段を共振器の光路内に有する共振器内部波長変換構成によれば、高強度の基本波レーザ光 17 を第 2 高調波発生用非線形光学素子 19 に入射させ効率よく第 2 高調波光を発生させることができる。共振器内で発生した第 2 高調波は、共振器内に設置した第 2 高調波取り出しミラー 22 から共振器外部に取り出される。共振器を出射した第 2 高調波は、折り曲げミラー 23 により進行方向を折り曲げられ、ビーム取り出し窓 25 よりケース 24 の外部へ出射する。ケース 24 の外部へ出射した可視域に波長を有する第 2 高調波はこの発明に係るレーザーアニール装置の第 1 のパルスレーザ光 2 としてアニーリングに使用される。なお、第 2 のパルスレーザ光 6 の発生方法、被照射試料 9 までの伝送方法、被照射試料 9 に対する照射方法は、非線形光学素子 10 のカットの角度が、波長 532 nm の光を入射した際、2 倍高調波発生時に位相整合条件が満たされるようカットされていることを除き、実施の形態 1 で示した構成と同じである。

【0046】この実施の形態においては、固体レーザ媒質 15 を用いて近赤外域にある基本波レーザ光 17 を発生させ、Q スイッチ 18 でパルス化した基本波レーザ光 17 を、第 2 高調波発生用非線形光学素子 19 により波長変換を施し、可視域に波長を有する第 2 高調波を発生させ、第 1 のパルスレーザ光 2 としてアニーリングに使用している。この実施の形態に示すように、固体レーザ媒質から発生する基本波レーザ光を可視光に波長変換し、第 1 のパルスレーザ光としてアニーリングに使用すれば、実施の形態 1 と同様な効果が得られるばかりでなく、実施の形態 1 において第 1 のパルスレーザ光 2 の光

源として用いていたアルゴンレーザ等のガスレーザとは異なり、第 1 のパルスレーザ光発生用の光源を小型化することができる。また、ガスレーザに比べ効率よく第 1 のパルスレーザ光 2 を発生させることができるので、アニーリング時のランニングコストが低減し、安価に高品質なアニーリングを行うことができる。

【0047】さらに、実施の形態 1 で示したアルゴンレーザは、放電中の電子によりガス媒質を励起するので、放電発生用の電極の消耗を避けることができず、寿命および長期信頼性の観点において十分優れているとは言えない。この実施の形態に示すように、固体レーザ媒質 15 を使用すれば、長期信頼性が格段に向上するばかりでなく、出力の安定性も向上するので、メンテナンスコストの低減を図ることが可能ばかりでなく、長期間にわたり品質の安定したアニーリングを行うことができる。また、ガスレーザに比べ高出力化が容易であるため、アニーリングの生産性の向上を図ることが容易である。

【0048】この実施の形態においては、固体レーザ媒質 15 に YAG 結晶を使用した例を示したが、固体レーザ媒質 15 の材料はこれに限るものではなく、例えばネオジウムイオンをドープした YLF (LiYF₄) 結晶を使用すれば、波長 1047 nm あるいは 1052 nm の近赤外域にある基本波レーザ光 17 が得られるばかりでなく、自然放出の寿命が YAG 結晶よりも長いので、Q スイッチ 18 で基本波レーザ光 17 をパルス化する際、固体レーザ媒質 15 内に効率よくエネルギーを蓄積することができる。また、固体レーザ媒質 15 の温度変化にともなう屈折率の変化が YAG 結晶よりも小さいので、レーザ出力およびビーム品質の安定性が向上する。固体レーザ媒質 15 は、ここで言及した YAG 結晶、YLF 結晶に限らず、近赤外域に発振波長を有するものであればいずれも適用が可能であり、アニーリングに必要な条件に応じて最良の結晶を選定すればよい。

【0049】また、この実施の形態においては、共振器内部で波長変換を行い、固体レーザ媒質の第 2 高調波を発生する構成を示したが、共振器外に基本波レーザ光 17 を取り出した場合でも、基本波レーザ光 17 の光強度が十分に高ければ、第 2 高調波発生用非線形光学素子 19 を共振器外部に設置し、共振器外部で波長変換を行い第 2 高調波を発生させ、第 1 のパルスレーザ光 2 としてアニーリングに使用してもよい。共振器外部に第 2 高調波発生用非線形光学素子 19 を配置すれば、共振器のアライメントが容易になるばかりでなく、出力の安定性はさらに向上し、アニーリングの品質保持がさらに簡単になる。

【0050】また、この実施の形態においては、半導体レーザ 16 を固体レーザ媒質 15 の励起光源として使用する構成を示したが、アークランプを固体レーザ媒質 15 の励起光源として使用してもよい。アークランプを励起光源として使用した場合、長期信頼性の観点で半導体

10

20

30

40

50

レーザ 16 に比べ劣るものの、半導体レーザ 16 に比べ安価であるため、アニーリング装置の製造コストの低減を図ることができる。

【0051】この実施の形態においては、固体レーザ媒質 15 の第 2 高調波を第 1 のパルスレーザ光 2 として使用し、第 1 のパルスレーザ光 2 の 2 倍高調波を発生させ紫外域に波長を有する第 2 のパルスレーザ光 6 を発生させる構成を示したが、紫外域に波長を有する第 2 のパルスレーザ光 6 の発生手段は、2 倍高調波発生に限るものではなく、例えば、固体レーザ媒質 15 の第 2 高調波を第 1 のパルスレーザ光 2 として使用する場合には、固体レーザ媒質 15 の基本波レーザ光 17 と第 1 のパルスレーザ光 2 である第 2 高調波を、非線形光学素子 10 に同時に入射させ和周波混合を行い、紫外域に波長を有する基本波レーザ光の 3 倍高調波を第 2 のパルスレーザ光 6 として使用してもよい。波長変換を行う非線形光学素子に対する熱負荷は、発生する波長変換光の波長が短くなるほど高くなるので、基本波レーザ光 17 の 3 倍高調波を第 2 のパルスレーザ光 6 として使用すれば、基本波レーザ光 17 の第 2 高調波の 2 倍高調波、即ち、基本波レーザ光 17 の 4 倍高調波を第 2 のパルスレーザ光 6 として使用する場合よりも、第 2 のパルスレーザ光 6 を発生する非線形光学素子 10 の熱負荷が低減し、レーザアニール装置の信頼性が向上する。

【0052】実施の形態 1 および実施の形態 2 においては、Q スイッチを用いてレーザ光をパルス化する構成を示したが、パルス化の方法はこれに限るものではなく、例えばレーザ光源の励起をパルス動作で行っても、アニーリングに適用可能なパルスレーザ光を得ることができる。

【0053】

【発明の効果】この発明によれば、可視域に波長を有する第 1 のパルスレーザ光を発生する第 1 パルスレーザ光発生手段と、第 1 のパルスレーザ光が入射され、第 1 のパルスレーザ光の一部を波長変換して、紫外域に波長を有する第 2 のパルスレーザ光を第 1 のパルスレーザ光と同軸上に重畳させて出射する第 2 パルスレーザ光発生手段とを備え、重畳された第 1 のパルスレーザ光および第 2 のパルスレーザ光を被照射物に照射できるようにしたので、多様な材料に対し効果的なアニーリングが可能となるばかりでなく、第 1 のパルスレーザ光と第 2 のパルスレーザ光の照射タイミングが常に一定に保たれるため、常に一定したアニーリング品質を保つことができる。さらに、第 1 のパルスレーザ光と第 2 のパルスレーザ光の光軸合わせが不要であるため、光路調整等メンテナンス性を向上させることができる。

【0054】また、この発明によれば、第 2 パルスレーザ光発生手段が、第 1 のパルスレーザ光の 2 倍高調波を発生するので、被波長変換光の光路やビーム径の調整が容易であり、波長変換の構成を簡単にすることができる

ので、レーザアニール装置の製造コストの低減を図ることができる。

【0055】また、この発明によれば、第 1 パルスレーザ光発生手段が、固体素子を活性媒質として用い、第 1 のパルスレーザ光として第 2 高調波を発生する固体レーザであるので、第 1 のパルスレーザ光を発生するための光源の小型化を図り、第 1 のパルスレーザ光を効率よく発生することが可能となるばかりでなく、光源の寿命、信頼性の向上を図ることができる。さらに、レーザ出力が安定しており高出力化も容易なので、常に一定品質のアニーリングを行うことが可能であると同時に、アニーリングの生産性向上も容易に図ることができる。

【0056】また、この発明によれば、第 1 パルスレーザ光発生手段が、第 1 のパルスレーザ光として第 2 高調波を発生する共振器内部波長変換手段を備えた固体レーザであるので、固体レーザ媒質より発生する基本波レーザ光の共振器内部光強度を高め、光強度の高い基本波レーザ光を用いて波長変換を行い、効率よく第 1 のパルスレーザ光を発生し、レーザアニール装置のランニングコストの低減を図ることができる。

【0057】また、この発明によれば、第 1 のパルスレーザ光発生手段が、第 1 のパルスレーザ光として第 2 高調波を発生する Q スイッチによりパルス化された固体レーザであるので、高強度の基本波レーザ光の発生が容易になり、第 1 のパルスレーザ光として使用する第 2 高調波を効率よく発生し、レーザアニール装置のランニングコストの低減を図ることが可能となるばかりでなく、第 1 のパルスレーザ光を波長変換することにより発生する第 2 のパルスレーザ光は、第 1 のパルスレーザ光の前部に時間的に位置するため、第 2 のレーザ光で被照射試料に生じた熱の散逸を、第 1 のパルスレーザ光が効果的に補償し、高品質のアニーリングを行うことができる。

【0058】また、この発明によれば、重畳された第 1 のパルスレーザ光および第 2 のパルスレーザ光を集光して、被照射物上に照射させ、第 1 のパルスレーザ光の照射領域が第 2 のパルスレーザ光の照射領域より広く、第 2 のパルスレーザ光の照射領域は、第 1 のパルスレーザ光の照射領域内に位置するようにする集光手段を備えるので、第 2 のパルスレーザ光の照射領域全体にわたり、第 1 のパルスレーザ光によって熱の散逸が効果的に補償され、第 2 のパルス光の照射領域全体にわたり、均一かつ高品質なアニーリングを行うことができる。また第 1 のパルスレーザ光の照射領域の内部に第 2 のパルスレーザ光の照射領域を位置させることは、色消しを施していない、単一材料で形成された安価なレンズを集光手段として用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の実施の形態 1 に係るレーザアニール装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】 この発明の実施の形態 1 に係るレーザアニール装置の構成を示すブロック図である。

ル装置の非線形光学素子入射前の第1のパルスレーザ光の光強度の時間変化を示すグラフである。

【図3】 この発明の実施の形態1に係るレーザアニール装置の非線形光学素子入射後の第1のパルスレーザ光の光強度の時間変化を示すグラフである。

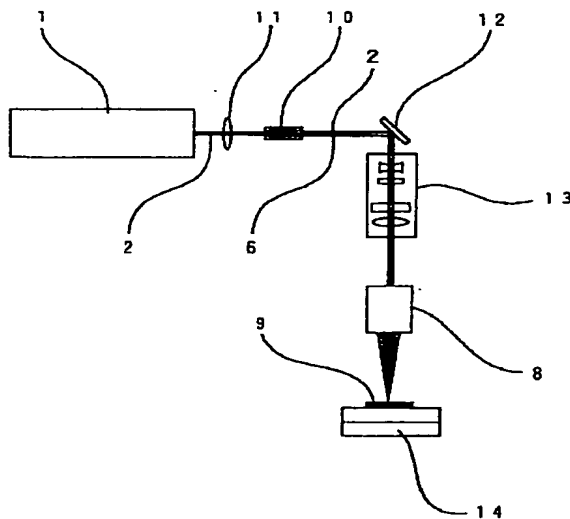
【図4】 この発明の実施の形態1に係るレーザアニール装置の非線形光学素子で発生した第2のパルスレーザ光の光強度の時間変化を示すグラフである。

【図5】 この発明の実施の形態1に係るレーザアニール装置の被照射試料上における第1のパルスレーザ光と第2のパルスレーザ光の照射領域（ビームパタン）とを示す平面図である。

【図6】 この発明の実施の形態1に係るレーザアニール装置の第1のパルスレーザ光を被照射試料に照射した際の被照射試料の温度の時間変化の計算値を示すグラフである。

【図7】 この発明の実施の形態1に係るレーザアニール装置の第2のパルスレーザ光を被照射試料に照射した際の被照射試料の温度の時間変化の計算値を示すグラフである。

【図1】



- 1 : パルスレーザ光源
- 2 : 第1のパルスレーザ光
- 6 : 第2のパルスレーザ光
- 8 : 集光照射光学系（鏡光手段）
- 9 : 被照射試料
- 10 : 非線形光学素子

* 【図8】 この発明の実施の形態1に係るレーザアニール装置の第1のパルスレーザ光と第2パルスレーザ光とを重畳して被照射試料に照射した際の被照射試料の温度の時間変化の計算値を示すグラフである。

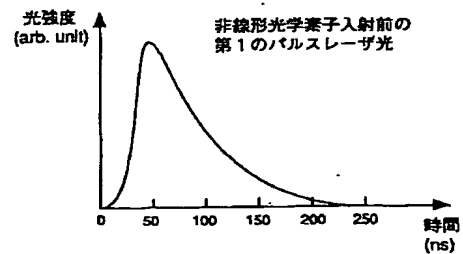
【図9】 この発明の実施の形態2に係るレーザアニール装置の第1のパルスレーザ光を発生する光源として使用する内部波長変換型固体レーザの構成を示すブロック図である。

【図10】 従来のレーザアニール装置の構成を示すブロック図である。

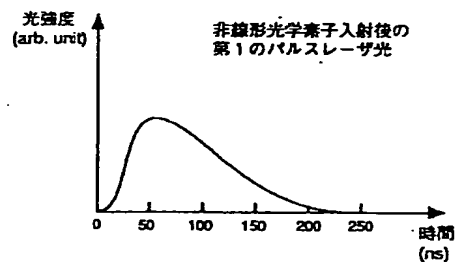
【符号の説明】

1 パルスレーザ光源、2 第1のパルスレーザ光、6 第2のパルスレーザ光、8 集光照射光学系、9 被照射試料、10 非線形光学素子、15 固体レーザ媒質、17 基本波レーザ光、18 Qスイッチ、19 第2高調波発生用非線形光学素子、20 第1の端部ミラー、21 第2の端部ミラー、35 第1のパルスレーザ光の照射領域（ビームパタン）、36 第2のパルスレーザ光の照射領域（ビームパタン）、101 内部波長変換型固体レーザ（固体レーザ）。

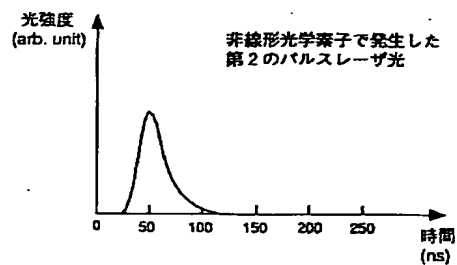
【図2】



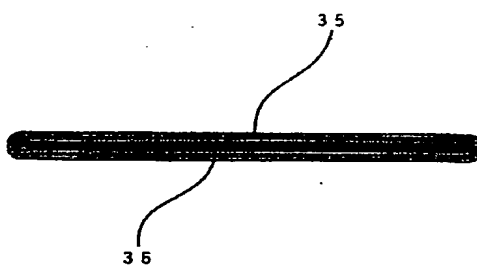
【図3】



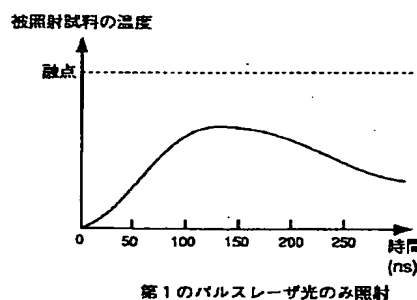
【図4】



【図5】

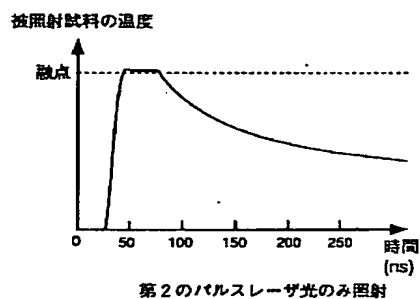


【図6】

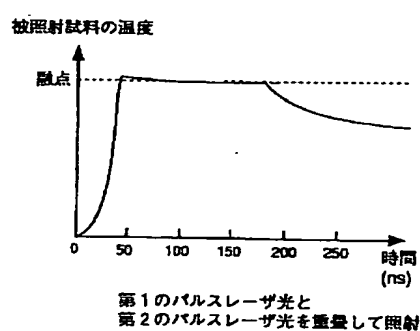


35: 第1のパルスレーザー光の照射領域 (ビームパタン)
36: 第2のパルスレーザー光の照射領域 (ビームパタン)

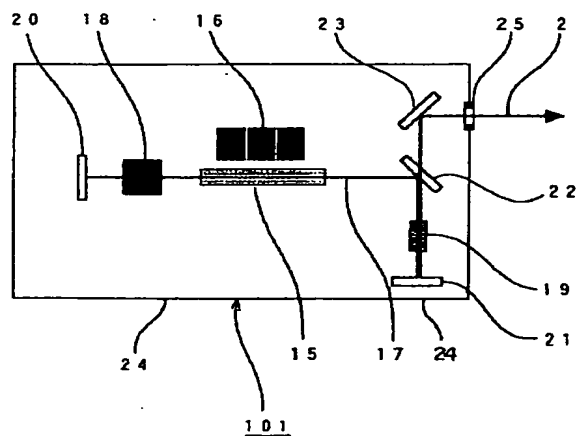
【図7】



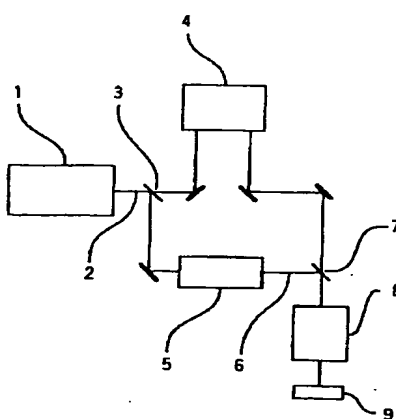
【図8】



【図9】



【図10】



15: 固体レーザー媒質
17: 基本波レーザー光
18: Qスイッチ
19: 第2高調波発生用非線形光学素子
20: 第1の端面ミラー
21: 第2の端面ミラー
101: 内部波長変換型固体レーザー (固体レーザー)

1: パルスレーザー光源
2: 第1のパルスレーザー光
3: ビームスプリッタ
4: 遅延光学系
5: 光周波数倍増器
6: 第2のパルスレーザー光
7: 2色性ビームスプリッタ
8: 微光照射光学系
9: 被照射試料

フロントページの続き

(72)発明者 森田 陽子
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内
(72)発明者 今野 進
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内
(72)発明者 小島 哲夫
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 吉沢 憲治
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内
Fターム(参考) 5F052 AA02 BA04 BA07 BA14 BA18
BB03 BB07 CA04 DA02 EA16
5F072 AB01 AB15 JJ01 JJ02 JJ05
JJ12 JJ20 KK05 KK06 KK12
KK13 KK15 KK24 KK30 MM03
MM04 MM08 MM09 PP07 QQ02
RR03 RR05 SS06 TT27 YY06